

Endrei Walter  
A középkor technikai forradalma

# *Gyorsuló idő*

---

Magvető Kiadó, Budapest

ENDREI WALTER

A középkor  
technikai forradalma

© *Endrei Walter 1978*



A XIII. század közepén úgy ítélte a London szomszédságában fekvő St. Albans-kolostor apátja, hogy rendjének malmai rekonstrukcióra szorulnak. Meglehetősen elhanyagolt állapotban lehettek az őrlő- és kallómalmok, mert kijavításuk tetemes összeget, több mint száz fontot emésztett fel (egy új malom építési költsége általában nem érte el a 10 fontot). A beruházás kiadásainak megtérítését igen gyakorlatiasan tervezte el: a kolostor birtokain fekvő falvak lakosait arra kötelezte, hogy a felújított malmokban őrlessék gabonájukat, kallassák posztóikat.

Nem számolt azonban a parasztok és mesteremberek csökönységével. Bár tilalmas volt, továbbra is kézimalmokkal őröltek, lábbal taposva ványoltak odahaza, hiszen idejükből tellett, a pénzt vagy malomvámot pedig sajnálták. Lett is belőle olyan perpatvar, hogy 120 évnél tovább tartott.

1260-tól rendszeresen átkutattatta az apát jobbágynak házait, lefoglalta a talált posztóvége-

ket, összetörette a kallódézsákat és malomköveket. Azok nem nyugodtak bele a sérelembe, 1274-ben a királyi törvényszékhez fordultak, amely elutasította panaszukat. Az ellentétek megmaradtak.

1326-ban Richard Wallingford lett St. Albans apátura. Apja kovácsmester volt, ő maga is jól értett a vasművesség minden ágához. Oxfordban tanult, a geometriában, csillagászatban otthonos lett. Nevéhez fűződik egy sor asztronómiai műszer feltalálása, de tartós hírt bonyolult kerek órájával szerzett.

Ez az erőszakos, nagy tehetségű ember, aki órájáért III. Edward királlyal is szembeszállt, teljes brutalitással törte le a lakosság két emberöltőn át lappangó ellenállását a malmok dolgában. 1331-ben valamennyi kallós házát felforgattatta, dézsákat elpusztítottatta, a parasztnál talált kézi őrlőköveket a monostorba szállíttatta, és kiköveztette velük annak fogadótermét.

Ezt a megalázást nem is felejtették el egyhámar. Amikor 1381-ben Wat Tyler lázadása erre alkalmat szolgáltatott, a lakosok leszármazottai megrohanták a kolostort, és feltépték a kövezetet. A köveket összetörték és elosztották egymás közt, „ahogyan vasárnaponként a szentelt kenyeret (ostyát) szokás”.

A krónikák számtalan hasonló olyan esetet jegyeznek fel, amikor valamely alattvaló szemér-

metlenül egy vég posztót, egy fuvar olajbogyót, vagy tíz zsák gabonát „alibi quam ad molendum domini”, tehát nem az urasági malomba vitt, megfosztva az uradalmat ősi sápjától, mai fogalmakkal élve adó- vagy vámcsalást követve el.

Ehelyütt azonban nem az elnyomott nép jogfosztottságát szándékozunk megbélyegezni, hanem éppen azt a gazdaságtörténeti szituációt kívánjuk megvilágítani, amelyben a feudális uralkodóosztály történelmi hivatását teljesítette. Erre a korszakra ugyanis már egy viszonylagos összhang jellemző, amely a termelési viszonyok és a termelőerők között fokozatosan alakult ki.

A szerzetesrend főnöke kétségkívül a fejlettebb termelési mód érdekeit képviseli, amiképpen később a tőkés a céhes iparos rovására a gyár termelékenyebb technikáját érvényesíti. Ennek megfelelően a kézimalmok és kallózókádak elpusztítása nem a ludditák géprombolásának analógiáját idézi, hanem éppen ellenkezőleg a mai korszak elavult gépegyütteseinek (pl. Japánban és Angliában elrendelt) kényszerselejtezéseire emlékeztet.

Megkapó hasonlóságot észlelhetünk a XI–XIV. század folyamán a szellemi élet, az új energiatípusok kiaknázása, a technika fejlődésének gyorsulása, sőt bizonyos mértékig az osztályharcok élesedése tekintetében későbbi korok ilyen

jelenségeivel. Amilyen mértékben feltárulnak a középkori források, olyképpen erősödik a történészek körében a felismerés, hogy forradalmi változások törtek maguknak utat ebben a valaha „sötétnek” vélt korszakban. Mert nemcsak a kiteljesedett feudális társadalmi formáció köszönhető ennek az időszaknak, hanem Európa technikai világhegemóniájának gyökerei is itt keresendők. Ha a XI. századig Európa jobbára kívülről jövő impulzusokat dolgozott fel, a mondott időszakban megkezdte saját technológiáját kialakítani, és a XV. századtól egyértelműen donorrá válik, belőle táplálkozik, tőle fogad ösztönzéseket a többi világ rész.

Nem csoda, hogy korán technikai (Marc Bloch, 1935), majd ipari forradalomként (Carus-Wilson, 1942; Gille, 1954) könyvelték el ezt a kétségkívül mozgalmas periódust. Csakhogy ez így önmagában nem több hangzatos jelszónál, figyelemfelhívó fejezetcímnél. Az „ipari forradalom” fogalmába ágyazva a mai ember mélyreható társadalmi változás premisszáit feltételezi, gyökeresen új termelési módot vár tőle. Ha a neolitikus forradalomról hall, a földművelés, a földtulajdon és a munka fogalmának keletkezésére asszociál, a XVIII–XIX. századi ipari forradalom a gőzgép, a gyáripár és munkásosztály születését idézi emlékezetébe.

Mit kezdjen hát ilyenén elfogult elménk egy

„középkori ipari forradalom” eszméjével, melynek sem keletkezéséhez, sem következményeihez nem fűződnek alapvető fordulatot, „revolúciót” jelentő gazdasági vagy társadalmi változások? Ugyanakkor nem tagadhatja senki, hogy e korok szak műszaki teljesítményei nélkül a feudális szerkezet európai változata nem teljesezhetett volna ki, nem is szólva arról, hogy a fél ezredév után kezdődő ipari forradalom nem egy eredményét anticipálták e kor névtelen feltalálói. Aki a beauvais-i katedrális félbemaradt főhajóját szemléli, megilletődik a technikai bravúr láttán, és nem kerülheti el a kérdést: volt-e ipari forradalom a középkorban, vagy csak egy epizód, a műszaki fejlődés átmeneti gyorsulásának tanúi vagyunk?

## I.

Lássuk hát először a tényeket.

A római birodalom felbomlásával romlásnak indultak mindazok a vívmányok, amelyek egy központilag szervezett államapparátusnak és egységes piacnak voltak köszönhetőek. Elzüllött az úthálózat, tönkrementek a vízvezetékek, öntözőcsatornák, fokozatosan megszűnt a távkereskedelem, a városok elsorvadtak, és bennük nemcsak az iparos osztály gyérült meg, hanem a természettudomány művelői is eltűntek, a könyvtárak is elpusztultak.

Az infrastruktúra néhány eleme még összetartotta ideig-óráig a mediterrán világ hajdani egységét, a monetáris rendszer évszázadokig a római aranyszoliduszra épült, az adózás, vám és posta regionálisan a VIII. századig, a rabszolgák és luxusjavak kereskedelme ennél is tovább működött a régi kerékvágásban, a latin nyelv használata a késő középkorig élt tovább. Voltaképpen csak a mohamedán hódítás változtatta a partjai mentén fekvő országokat összekapcsoló Földkö-

zi-tengert fokozatosan határrá. Ami azonban vitathatatlanul degenerálódott, az a műszaki és ipari know-how jelentős hányada. Nem az a lényeg, hogy papirusz híján pergamenre kellett átérnie Európának, olajmécsesről faggyúgyertyára és hogy szóda helyett hamuzsirt használt a kisszámú fennmaradt üveghuta. Sokkal inkább az, hogy a képzett szakemberek száma és minősége csökkent, fontos exportiparágak szűntek meg, mert megszűnt a piacuk, és az, hogy az elméleti felismerések forrásai kiapadtak.

Feledésbe merül a terra sigillata és ólommázás edények technológiája, a táblaüveg-készítés módja, a padlófűtés, a fémvágó olló és sok más szerszám, tömlőszövetek előállítása, több mezőgazdasági gép, mint a lóvontatású aratógép vagy a kenyérdasztó gép.

Nyugat-Európa városaiban és falvaiban hivatásos iparosokat a VIII–IX. században oklevelesen kimutatni nem lehet: a szakmai ismeretek szinte kizárólag a kolostorokban és udvaroknál éltek tovább; hiányuk oly mértékű volt, hogy Jámbor Lajos frank király nagy kegyet gyakorolt, amikor a reimsi érseknek egy kovácsot engedett át. A Meroving-társadalomban, mondja Le Goff, „már-már szentként tisztelték az ötvöskovácsot”.

A hellenisztikus korszak nagy mérnökeinek művei nyugaton jóformán hozzáférhetetlenek

voltak, legfeljebb néhány világi vagy egyházi fedelem könyvtárában heverték el. A fennmaradt tíz legkorábbi Heron kéziratból például egyetlenegy sem korábbi a XI. századnál, ebből három a bizánci császár, három a vatikáni, kettő az escoriali könyvtárból származik, a fennmaradó kettő lehetett csak olasz kolostor tulajdonában, emellett kivétel nélkül görög nyelvűek, ami akkori használhatóságukat igen kétségesse teszi. Ugyanez a helyzet Vitruviusszal, akit alig olvastak a középkorban, a IX. század előtt pedig teljesen ismeretlen volt. Az utolsó klasszikus műveltségű tudósok egyházi funkciót vállaltak, mint Tours-i Gergely, vagy barbár királyok tisztviselői lettek, mint Boethius.

Ám népek átvehetik az őket leigázó primitívebb népek vallását, sőt nyelvét – mondja Leroi-Gourhan –, de sohasem térnek vissza az ekétől a kapához. Alapvető életszükségletek tekintetében a volt római tartományok termelési kultúrájának kontinuitása sértetlen maradt. Elpusztult ugyan a IV. századi délfancia Barbegal tizenhat malomból álló őrlőkombinátja, de egyszerű vízimalmokban később sincs hiány. A Pantheonhoz hasonló kupolaboltozatot nyugaton nem tudtak többé alkotni, de a boltíves szerkezetek építése a rutinhoz tartozott. Marcus Aurelius lovas szobrához mérhető öntödei teljesítményt sem tud felmutatni a kora középkori Nyugat-Euró-



pa; de fegyvereket és ekevasat öntení és kovácsolni nem felejtettek el, sőt ebben rövidesen túlszárnyalták mestereiket.

\*

A X. században a *Heraklius, a régi rómaiak festékei és művészetei* című értekezés ismeretlen szerzője elragadtatással szól a klasszikus világ iparosairól. „Ki lenne képes felkutatni mindazt, amit ezek a tehetséges, óriási értelemmel megáldott kézművesek feltaláltak?...” – kiált fel.

Bezzeg a XII. századi Chartres-i Bernát öntudatosabban viszonyul a fejlődés gondolatához; allegóriájában óriás vállán álló törpéhez hasonlítja a vizsgálódó embert, aki apró termete ellenére távolabb lát.

Guy de Chauliac (1363 körül) már egyértelműen evolucionista tartalommal tölti meg ezt a képet: „Mert a tudományokat hozzájárulásokkal alakítják ki, hiszen lehetetlen egy ember számára, hogy elkezdje és befejezze őket. Olyanok vagyunk, mint gyermekek egy óriás vállán: mert látjuk mindazt, amit az óriás látni képes és még valamivel többet.” A reneszánsz nagy tudósa, Cardano pedig már szembeszáll az ókort dicsőítő humanistákkal: „Egy egész könyv nem lenne elegendő annak felsorolására, amit a középkor és újkor alkotott, és amit az antik világ nem is

ismert, mint pl. : szobakályhák, templomi harangok, kengyelek, kerekas órák.”

Ez a fél évezred alatt végbemenő tudatváltozás nemcsak nyomon követhető, de megalapozottsága is teljesen indokolt.

Az antik örökség mellett a korai középkor műszaki ismereteinek szubsztanciájában a barbár népek hozzájárulását a történettudomány hosszú ideig lebecsülte.

Germán népeknek köszönhető a nehéz eke és a viking hajó. Ma már tudjuk, hogy alighanem eurázsiai népek, talán az avarok vagy magyarok hozták magukkal a tilót és valószínűleg a csapóíjat is. Mindenesetre ázsiai nomádoknak tulajdonítják a nyugat-európai változásokat kiváltó két legjelentősebb impulzust: a lovak energiáját hasznosító szügyhámot és kengyelt is.

Nem lóerőnek neveznök ma is a munkateljesítmény fizikai mértékegységét, ha valamikor a VIII. században nem tűnnék fel Európában a – talán rénszarvas vagy ázsiai teve vontatószerkezetéből átalakított és ugyancsak talán az avarok által ismertté tett – váll- és szügyhám a lovakon. Theodosius 438-ban még megtiltotta, hogy egy lovat 500 kg-nál nagyobb súly vontatásával terheljenek; ezt meghaladó erő kifejtése esetén az ökör igájából származtatható nyakhám az állat légzőcsövét és nyakerét elszorította. A középkori Troyes elszámolásai viszont már azt mutat-

ják, hogy két ló 2500, sőt 3900 kg-ot is elbírt az anatómiailag helyesen alkalmazott felszerszámozás révén, vagyis az antik norma 2,5–4-szeresét.

A ló nem erősebb, csak gyorsabb az ökörnél, és így a leggyakoribb tehervontató állatok teljesítményét az alábbi értékekkel jellemezhetjük:

<i>kifejtett</i>	<i>erő, kg</i>	<i>sebesség m/s</i>	<i>mkg/s</i>
ló	54	1,10	60
ökör	54	0,73	40
öszvér	27	1,10	30

Kézenfekvő, hogy nem annyira a tehervontásban volt ennek jelentősége, mint inkább abban, hogy a nehéz eke fogatolásában a ló az ökröket kezdte kiszorítani, különösen, mert szívósabb lévén azoknál, napi két órával többet lehet dolgoztatni; emellett a zab, nélkülözhetetlen takarmánya lévén, a hármass vetésforgót ideálisan egészítette ki.

Lefebvre de Noëttes úgy vélte, hogy a lófogatolásban bekövetkezett forradalmi változás idézte elő a rabszolgaság megszűnését, a feudális társadalom létrejöttét, tehát mintegy az állat szabadította fel az embert. Ez, ahogyan Bloch kimutatta, nem így történt, egy folyamatban levő átalakulást siettetett az újítás, nagyobb hatást nem tulajdoníthatunk neki.

Hasonlóképpen eltúlozza a keleti lovasnomádoktól kölcsönzött kengyel szerepét egyébként briliáns okfejtésében Lynn White. Szerinte a kengyel VIII. sz.-i bevezetésének köszönhető a mindent elsőprő nehézlovassági roham, ezt a harcmodort pedig csak jól képzett, más kötelezettségek alól mentesített elitréteg, a hűbéres lovagok földbirtokkal való ellátásával tudták megoldani a frank fejedelmek; végső fokon ebben látja a feudális államrendszer keletkezésének első impulzusát.

Ha hozzátesszük is, hogy alighanem a lovassági roham egyéb nélkülözhetetlen kellékei közül a nyereg (a rómaiak eredetileg takarón ülték meg a ló hátát) és a szögelt vaspatkó is a népvándorlás idején terjedt el Európában, a lovag páncélzata és a jobb lábat védő hosszú pajzs pedig utólag idomult ehhez a taktikához – a fenti állítás akkor is meglehetősen merész.

Megfontoltabban járunk el, ha Lynn White egy másik tanulmányában adott tanácsát fogadjuk meg. Ebben ugyanis azt hangsúlyozza, hogy a történettudomány ma, a köznapi értelemben vett okozati összefüggések helyett inkább „a történelmi szituáció azon tényezőit elemzi, melyek »gravitációs« hatást gyakorolva egymásra egymásban (cluster) mozognak azonos irányban, és

meghatározni és megérteni igyekszik ezt a mozgást”.

Ez már közel áll a mi gondolkodásmódunkhoz, és ezen az úton elindulhatunk.

## II.

Az antik tradíciók humuszát megtermékenyítő, a nomád népek által közvetített újítások átvétele után lassan megmoccan az autochton nyugat-európai kreativitás is.

Valamikor a VI. és a X. század között használatba veszik a kötött talajok megmunkálására is alkalmas, a germán ekéből továbbfejlesztett földforgató kormánydeszkával ellátott nehéz ekét. Ez nemcsak az addig szokásos keresztbe-  
szántást tette fölöslegessé, ami önmagában is időmegtakarítást jelentett, hanem a négyzethez közelítő parcellák helyett a hosszú csíkokban való szántást tette racionálissá, ami a fordulások számát csökkentve további időnyereséget hozott. A legfontosabb azonban a szűzföldek nagyobb termelékenységére; a szemhozam a másfél-kétszeresről ebben a korszakban emelkedett végre – legalábbis a legfejlettebb Észak-Franciaországot és Angliát tekintve – három-négyszerezére.

De ebben már egy másik újításnak is van szere-

pe: a hármas nyomás rendszerének bevezetésének, a kettős nyomás helyett. A három részre osztott határ egyik harmadába őszi, a másikba tavaszi gabonát vetettek, a fennmaradó rész ugarként legelő maradt: ily módon a bevetett föld feléről kétharmadára nőtt. A termelékenység javulása mellett minőségi változással járt az új nyomáskényszer. Az őszi vetésű búza és rozs aránya a tavasszal vetett köles és árpa rovására emelkedett, a csökkenő legelők helyett pedig a fehérje pótlását a hüvelyesek terjedése biztosította. Ehhez járult a tavaszi nyomásban termelt zab, amely a ló munkaenergiájának alapját képezte. A sokszor méltatott középkori agrárforradalom mellett gyakorlatilag feltáratlan az egyidejű, ugyancsak az Alpoktól északra végbement változás, mely az ércbányászatot és kohászatot forradalmasította. Az ókorban a vas felhasználása fegyverekre, a termelésben vágóélel ellátott szerszámokra korlátozódott; a bronz a mindennapi élet eszközeiben továbbra is dominált. A kora középkori falu viszont minden eddigit messze felülmúló mértékben használt vasat, a VII–VIII. századi Meroving sírokban olcsó vas ékszerek tömege tűnik fel, a lovag felszerelésének pedig patkótól kengyelen, páncélon és sisakon át a kopjáig fő alkotóeleme ez a fém volt.

„Ó, a vas! Sajnos, a vas!” kiáltott fel a longobárd király megpillantva a Pavia előtt rohamra

készülő, csillogó vaspáncélba öltözött frank hadsereget, tábornoka pedig (a IX. századi krónikás bizonyára túlzó tanúsága szerint) elájult rémületében. A frank fegyverek keresett exportcikké váltak már a IX. században, szép számmal találunk ilyeneket honfoglalás kori sírjainkban is; vitatott, hogy a hatékony acéledzés arab (damaszkuszi) vagy frank eredetű találmány. Megérdemelne egy alapos vizsgálatot a korszak leletanyaga, nem is szólva az oklevelek gyér adatainak elemzéséről, hogy megtudjuk, új bányák feltárásának vagy új technikai módszereknek tulajdoníthatjuk-e az „igazi vaskor kezdetét” (White).

Bárhogyan volt is, „a X. század óta a nyugat-európai talaj jól fel volt szántva és el volt boronálva – írja Mumford –, készen arra, hogy felvegye magába más kultúrák szélfúttá magvait”. Ezek után szárba szökkenve a tőlük idegen éghajlat és föld hatására új változatokban öltöttek formát – folytatja –, „talán éppen mert nem Nyugat-Európából származtak, és itt nem voltak természetes ellenségeik, gyorsabban és óriásivá növekedtek”.

Ha számba vesszük a műszaki kultúrának a X. században ismert valamennyi tényezőjét, leszögezhetjük, hogy az Óvilág régi központjai, Bizánc, az arab kalifátusok, India vagy Kína fejlettebbek voltak Nyugat-Európánál. Felvetődik hát egy jogos kérdés: miért helyeződik át ide a technikai fejlődés súlypontja?

Nem kell misztikus interpretációra hallgatnunk – Spengler a középkori szerzetes fausztii lelkiületére hivatkozott –, hogy a régió néhány szembeötlő sajátosságát legalább részleges magyarázatként elfogadjuk.

Bizánchoz vagy a mohamedán hódítás területéhez képest összehasonlíthatatlanul súlyosabb és hosszabb ideig tartó politikai zűrzavar uralkodott itt, fellazítva az összes begyökerezett társadalmi és kulturális normát, egyben lehetőséget szolgáltatva egy koncepciózus államvezetés elképzeléseinek szabad kibontakozására, de a műszaki eszmék akadálytalan terjedésére is. A fellazított, primitív társadalmi képzeteket magába foglaló – White által „molten society”-nak nevezett – nyugati világ az újjárendezés elé nem gördített akadályokat: alig képzelhető el máshol a nyomásos földművelésben újjászülető földközösség létrehozása a nehéz eke nagy igaerőszükségletének kielégítése kapcsán. A társadalmi vál-



tozásokkal szembeni nyíltság nemcsak a hűbérrendszer felépítésében nyilvánult meg, hanem éppen a gazdasági konzekvenciák rugalmas vállalása és új szervezeti – legális formák alkotása terén is, amire a megcsontosodott levantei birodalmak már képtelenek voltak. Ilyen volt a banalitás, vagyis a földesúri jog kiterjesztése, pl. malmok létesítésére, a központi hatalom gyengülése idején vagy a szabad városi kommunák keletkezése, mely az odamenekült jobbágy szabadságát biztosította. E mellett az anarchia mellett kezdetől fogva egy fegyelmezett, központi irányítás alatt működő értelmiségi réteg hálózatát találjuk: a klérus és szerzetesrendek szervezetét, amely buzgón támogatta a technika fejlődését, és terjesztéséről gondoskodott.

Egy másik, Nyugat-Európát megkülönböztető karakterisztikum eszmetörténeti vonatkozású. Forbes mutatott rá, hogy a kereszténység animizmusellenes alapállása megnyitotta az utat a természet erőinek racionális hasznosítása előtt. Azonban ez nem magyarázná meg a keleti egyház területén tapasztalt stagnálást, csak a pogány korszakhoz képest kétségtelen haladásra szolgáltat érvet. Ha viszont a latin egyház szerzetesrendjeinek felfogását hasonlítjuk az ortodoxokéhoz, a Márta-Mária ellentétpár (Lukács X. 38–42) analógiájára bukkanunk. Márta a munka, az actio, Mária az áhítat, az intentio

reprezentánsa, az előbbi a nyugati, az utóbbi a keleti szerzeteseszményt példázza. A „laborare est orare” jelszó csak nyugaton keletkezhetett, ahol a hangsúly a gyakorlaton volt, ami azonban nem jelentette, hogy attól szabadulni, azt könnyíteni nem törekedtek volna. Már a VI. században vízimalmot építtet egy apát, hogy a kézimalmokkal őrlő barátokat az egyhangú munka alól mentesítse. Egy másik, Saint Guilhem de Désert apátja kérkedve sírkövére véseti az általa emelt malom képét. Szt. Gellért nagyobbik legendájában is kifejezésre jut a nyugati keresztény egyház felfogása a technika munkamegtakarító szerepéről. Nem tudjuk biztonsággal, hogy a malom, amely mellett a magyar lány énekel, egyszerű kézi hajtású, állat által hajtott szárazmalom, vagy – ha a szövegben későbbi betoldás van, ahogyan Makkai véli – vízimalom. Mindenképpen jellemző, amit a püspök mond róla: „Ő, csodálatos dolog, hogyan gondoskodik magáról az emberi nemzetség! Hiszen ha nem volna mesterség, ki bírná el a munkát?!” És ennek az irányzatnak a végső konzekvenciáit vont le a cisztercita és karthauzi rend, amikor önellátásra berendezkedve nemcsak hatalmas üzemeket hozott létre, hanem megszervezte saját kizsákmányolt munkáshadseregét, a laikus barátokat (conversi), ami a keleti szerzetesrendek történetében sohasem valósult meg.

Még egy, többnyire mellőzött szempont kívánczik ide: az éghajlati változások. Amint az alpesi gleccserek mozgása és más, a klímátörténet szempontjából értékelhető tényező elárulja, 750–1250 között Európa meleg és száraz periódust élt át. Ez az a kor, amikor a vikingek Izlandon és Grönlandon megtelepednek, az erdők egész Európában visszavonulnak, a gabonatermesztés és szőlőművelés határai északabbra és magasabbra tolódnak el. Ez a felmelegedés a Földközi-tenger térségében is érvényesült, de a mezőgazdaság belterjességét, az amúgy is kedvező feltételek okán, már nem befolyásolta.

Tisztában vagyunk vele: a felsorolt három magyarázat együtt is kevés annak indoklására, miért éppen a fejletlen Nyugat-Európában gyorsult fel, mindaddig példátlan módon a technikai fejlődés. Ám legyünk szerények. Sejtelmünk sincsen, mitől helyeződött át korábban a kulturális fejlődés góca Mezopotámiából a Földközi-tenger keleti medencéjéhez, Görögországból Itáliába; tekintsük kérdésünket a láncolat utolsó tagjának, és tartsuk függőben.

## I.

Amikor Antipatros időszámításunk kezdete táján az őrlő asszonyok nevében hálát ad Démétérnek, amiért nimfái hajtják helyettük a malomköveket, s így nem kell hajnalban talpon lenniök – egyetlen munka alóli felszabadulást ünnepel, s mégis az aranykor visszatértét emlegeti. Igaz, a Venafróban kiásott 2,10 m átmérőjű vízikerek 46 fordulat/perc sebességére 150 kg/h teljesítményt számítottak ki, vagyis mintegy 40 rabszolga munkájának egyenértékét. De az élet számtalan egyéb területén az izommunka elkerülhetetlen maradt. Ezerkétszáz esztendő múlva hasonló ditirambust zeng a clairvaux-i apátság ismertetője, de immár egész sor hasznát dicséri a buzgó folyónak:

„...először hevesen a malomra veti magát, megőrli a gabonát a kövek súlya által, és megmozgatja a finom szitát, hogy elválassza a lisztet a korpától. És máris a szomszédos épületben van, ahol az üstbe ömlik, és a tűznek adja át

magát, hogy megfőve a szerzetesek sörét készítse elő... majd a közeli kallók vannak soron. Az imént még a barátok élelmével volt elfoglalva, most a ruházkodásukról gondoskodik. Semmit sem tagad meg, amit tőle kérnek. Emeli és súlylyesztí a nehéz kölyűket, ezeket a kalapácsokat vagy jobban mondva, e falábakat, és nagy fáradtságot takarít meg a barátoknak... innen távozva a tímárműhelybe ömlik, ahol a szerzetesek cipőjéhez való bőrt készíti ki, majd... sok ágra bomlik, hogy különböző szolgáltatokat láthasson el, legyen az főzés, szitálás, öntözés, mosás vagy őrlés... s végül hogy teljessé tegye munkáját, elhordja a szennyet...

Ha ehhez hozzátesszük a szerző idejében szél-  
tében használt vízikerek hajtotta fűrész, fújtató,  
érc-, kender- és csertörő berendezéseket, nyilvánvaló, hogy alapvető változás történt valamikor a két időpont között. Míg ugyanis az őrlés már a malom feltalálásakor folyamatos körpályán végzett művelet volt, a felsoroltak kivétel nélkül szakaszos, a szerszám váltakozó irányú egyenes mozgását igényelték.

Márpedig a vízikerek a víz egyenes, egyirányú mozgását körforgássá alakítja át, de megfelelő közlőelemek híján egyenes irányú mozgást szerszámoknak közvetíteni képtelen. Ahhoz, hogy forgó tengelyről átvitt energiát egyenes síkban

mozgó gépelemnek közvetítsünk, forgattyúra vagy más, a tengelyből kiálló bütyökre, esetleg körhagyótárcsára van szükség; mindezeket az ókor alighanem ismerte, de nem alkalmazta.

Erre a disztinkcióra szükség van. Ha ugyanis figyelemmel elemezzük a hellenisztikus kor műszaki irodalmát, találunk Heron, Ktesibios, Vitruvius javasolta mechanikai szerkezeteket, amelyek az ilyen transzmissziót feltételezik. Ilyen a Heron *Pneumaticá*-jának utolsó fejezetében szereplő, szélkerék hajtotta orgona: a kerék és dugattyú kapcsolata az érthetetlenségig homályos, de csak forgattyús karral képzelhető el. Vitruvius *De Architecturá*-jában a IX. fejezet ismerteti az útmérő automatát, mely a sokszor idézett „egyfogú fogaskereket”, tehát bütyköt hasznosítja:

„A kerékagy belső felületéhez rögzítsünk egy tárcsát, melynek egy, a peremből kiálló foga van.” Az általa hajtott 400 fogas kerék oldalaihoz ismét egyfogas kerék illeszkedik azonos tengelyen és így tovább, lassítva a hodométer körforgását: egy kezdetleges óramű.

Semmi bizonyítékunk nincs azonban arra, hogy ezeket a játékosnak minősített ötleteket valaha megvalósították volna; sőt a legkézenfekvőbb utenziliát, a kézimalmot sem valószínű, hogy egyirányú („kávédaráló”) mozdulattal forgatták, hanem – ahogyan a Saalburgban talált több mint száz malomkő oldalsó, vízszintes fo-

gantyúnyílása bizonyítja – váltakozó irányú mozgatással. A holtponton való túljutás még a függőleges fogantyúnál is nehézkes és lélektanilag problematikus, gyermekeknél igen későn elsajátított ismeret.

Léteznek olyan adatok is, melyek szerint a Keleten korábban használatba vették volna a forgattyút. Kínai források már az i. sz. I. századból vízszintes vízikerék által működtetett fűjtatókról tudósítanak, és egy Han-kori sír modellje a később csakugyan elterjedt, tengelyről hajtott rizsszelelő berendezést sejteti.

A Vitruvius-kéziratok lappangását és a IX. század óta megkezdett másolását figyelembe véve, valamint a korai kölyűs malmok említésének körét szűkre vonva Makkai így magyarázza a bütökös tengely feltalálását:

„Valamelyik provence-i kolostorban olvashatta egy szerzetes az egyébként kevésbé használt, mert főleg vízemelő szerkezetekkel és hadigépekkel foglalkozó fejezetet, s tűnhetett fel neki az egyfogú fogaskerek leírása, amelynek a vízikerék tengelyére való alkalmazását azután sikerrel kísérelte meg.”

Így történt-e: ignoramus et ignorabimus. Nem kétséges, kézenfekvő eszmetársítást rekonstruált a szerző. De kételyek is jogosultak: vajon az útmérő műszer, a favágót szimuláló játékautomata vagy éppen orgona mechanikájának olvas-

tán ércgörőkalapács, fűrész vagy kenderköltyű mozgatása merülhet-e fel valakiben, aki egy elhomályosult szövegrész megfejtésében járatos elmével rendelkezik, de bizonyára ritkán végez ön-maga kétkezi munkát? De hát ilyen barátokra is volt példa – ilyen volt a XI. századi német Theofilus Presbyter is –, ne vessük el ezt az eshetőséget.

Ám ne feledkezzünk meg a kínai Han-dinasztia kora óta ismert bütykös tengelyről vezérelt hámorról, a kézi forgattyús szelelő-szitáló rendszerről és a valamivel később igazolható vízikerekek által hajtott fűjtatóról. Nem zárhatjuk ki eleve a műszaki ismeretek óvilági ozmózisának e távhatását meggondolásainkból.

De hadd tegyünk hozzá egy talán triviálisnak ható, de ugyancsak esélyes alternatívát. Induljunk ki abból, hogy a vízi energia hasznosítását a korai középkorban egyetlen területen ismerték intimen: a malmokban. Az őket építő faragómolnár (az órás szakma keletkezéséig) az egyetlen, összetettebb kinetikai ismereteket igénylő mesterség hordozója, a gáttól a fogaskerékművig megszerkesztette az őrlés minden kellékét. Volt-e a malmon belül olyan gépesíthető művelet, amely nem forgó, hanem váltakozó irányú egyenes mozgást tett szükségessé? Kezdetről fogva volt, mindig is nyomban az őrlést követően végezték el: a szitálását. Kivitele a közelmúltig meg-



hatóan kezdetleges volt, XVI–XVII. századi metszetek szemléltetik a módszert. A függőleges tengely laternás fogaskeréktárcsájából kinyúló pecek fordulatonként megbillentett egy rudat, mely egyet rántott a ferde szitakereten. Az idézett XII. századi cisztercita krónikarészlet mellett nincs írásos bizonyítékunk a szítaszerkezet gépesítésére, mert nem lévén külön üzemegység, okleveles említése indokolatlan lett volna. Habár a szerzők (így Forti) reneszánsz kori újításnak tekintik, a szítálás gépesítése lehetett az első víz hajtotta, egyenes irányú mozgást végző művelet.

A vízi energia hasznosítása robbanásszerű elterjedésének vagyunk tanúi a X–XII. század során. Végso soron közömbös, milyen sorrendben hódította meg a vízszintes főtengelyre csapolt bütörsor vagy forgattyúrendszeres közlőmű a szakmákat, miképpen adaptálták az őrlésről a törésre, hántolásra, zúzásra, fűrészelésre, sajtolásra. A források értelmezése némileg divergál, de az első okleveles említések szorosán véve két-százötven esztendőbe tömöríthetők:

- X. század márványfűrés (Mosel-Ruwer völgye)
- 983–1008 kalló (Toszkána, Milánó)
- 987–96 olajütő – sörfőző (Dél-Franciaország)
- 990–1025 kendertörő (Dél-Franciaország)
- 1138 csertörő (Ile-de-France)
- 1040–79 lenvászónmosó (Ile-de-France)

- 1176 cukornádsajtó (Normandia)
- 1187 kohó vagy hámor (Katalónia)
- 1195 köszörű (Beauvais)
- 1235 deszkafűrész (Franciaország)
- 1238 papírmalom (Spanyolország)

Ezzel persze nincs ki a sor. Nem tudjuk, hogy pl. mikor keletkezett a kásátörő, köleshántoló, sóőrlő, szecskázó, máktörő, csüllengőrlő, nem is szólva a nyilvánvalóan késői heregubófejtő, csonttörő, tubákőrlő, fúró, lőpor-, paprikaőrlő malmokról.

A vízi erő hasznosítása tehát a harmadfél század folyamán kiterjedt a termelés szinte minden energiaigényes területére. A vízemelésben és öntözésben régóta gyakorlatban volt.

A gabonafajták darálása, őrlése az agrárforradalommal kölcsönhatásban példátlan mértékben szorította ki a kézi őrlést a VIII–XIII. század között. A textiliparban a merev kenderrost törése, a pozdorja eltávolítása, a lenvászón fehérités előtti sulykolása és a napokig tartó taposással járó posztókallózás nehéz műveleteit gépesítette a malomba oltott vezérmű. Látni fogjuk, hogy ezen a fokozaton is túljutott, és még a XIII. században megvalósult a gépesített cérnázás nagyüzemi módszere. A bőriparban a csergubók törése, a papíriparban a rongy zúzása, az élelmezésben az olajbogyó és különböző magvak töré-

se, a hadiiparban a páncéllemezek kalapálása, a pengék köszörülése mind-mind a célra specializált hatékony géptípusokat kívántak meg. Ezek egyáltalán nem maradtak prototípusok. A volt frank birodalom területén, majd azon túl is sűrű „energiahálózat” keletkezett a folyók és patakok mentén. A francia Aube megye területén a XI. században 14, a XII. században 60, a XIII. században 200-nál több malom okleveles említéséről tudunk. A *Domesday Book* (1086) híres összeírásának 5624 malma egyenként átlagosan 50 család lisztszükségletét látta el, de volt malom, melyre csak 26 jutott. Így pl. Wiltshire grófságban, a Wylye folyó mentén 16 km-es szakaszon 30 malom kereke forgott. Érdekes, hogy Magyarországon megközelítően, hasonló arányok alakultak ki. A XII. században pl. Márton ispán birtokain 40, Ottó ispánéin 30, Atyuszén 33 családra jutott egy malom.

Rohamos természetesen a kölyűs malmok elterjedése is: 30 évvel az első spanyol papírmalom után egyedül az olasz Fabiano mellett 7 ilyen üzemelt. 1327-ig Angliában 130 kallómalom mutatható ki.

Ez az energiatöbblet éles versenyben bontakozott ki az állati izomenergia hasznosításával, hiszen egvédejűleg számtalan változatban tűnnek fel a ló, ökör és ember hajtotta szárazmalmok, és persze elkeseredett ellenállást fejt ki a kéziszer-

számához ragaszkodó paraszt és kézműves. A kézimalom a XIX. századig él tovább Európa számos vidékén, Flandriában a XVI. századig tiltották a kallómalmok alkalmazását. Csak utalunk itt a középkori technikai forradalom során következő lépcsőjére: új energiaformákra, melyek kiegészítették ezt a folyamatot.

Ha azt tételezzük fel, hogy a XI. századi angol adat, mely szerint egy vízimalom átlagosan 50 család, vagyis kb. 300 személy szükségletét látta el, a XIII. század végének Európájára extrapolálható, akkor a becslések szerint 70 millió körüli lakosságból 230 000 malom létezésére kellene következtetnünk. Ehhez tudni kell, hogy Angliában ezalatt csaknem megháromszorozódott, Franciaországban megduplázódott a lakosság, és ha keleten lassúbb is a fejlődés és vannak folyóvizekben szegény területek is, 200 000 malom nagyságrendileg védhető becslést képvisel. A malmok zöme egy-két LE teljesítményű volt, egy 100 mkg/s érték esetén a forgattyút kezelő ember (napi legfeljebb nyolc-tíz órán át kifejtett) 6,2 mkg/s teljesítménye alapján 16, folyamatos munkát számítva 40–48 fő munkáját látta el egy vízikerék. Hasonlóképpen 40-50 munkást tett feleslegessé a kallómalom, a kender- vagy érc-törő kalapács, mely utóbbi minőségileg is jobb munkát végzett, hiszen súlya elérte az 1600 kg-ot is. Aligha tévedünk tehát, hogy az új erőgépek

legalább 10 millió ember nehéz testi munkáját látták el. Ezzel nemcsak hogy végleg eltűnnek a rabszolgák, de az agrárforradalom által lehetőségessé vált megjavult élelmezéssel kölcsönhatásban olyan népesedési robbanás következik be, mely némileg hasonlít a fejlődő országokban jelenleg tapasztalthoz.

Ennek hatására keletkeznek azok az új szerzetesrendek, a karthauziak (1084) és főleg a ciszterciták (1098), melyek lakatlan mocsarakat, erdőségeket kapnak adományul, kiterjesztik a lakható területeket, és a mezőgazdaság mellett tudatos iparosítást folytatnak. Vonzerejük rendkívül nagy, laikus barátokat toboroznak, akik elsősorban olcsó munkaerő szerepét töltik be. A ciszterciták a XIV. századig 1800 kolostort alapítanak.

Ennek a folyamatnak a számlájára írandó viszont a városok keletkezésében addig sohasem tapasztalt fellendülés is. Több mint ezer szabad városi joggal alapított település csalogatta a robotját megunt és feleslegessé vált parasztot azzal, hogy „quicumque hic per annum unum et per diem unum manserit, liber erit”, vagyis aki egy évet és egy napot lakik benne, szabaddá válik. A később németül ismertté vált „Stadtluft macht frei” elvet St. Omerben hirdették meg legelőbb (1127), utóbb egész Flandria (1165), majd Anglia és Németország sok új városa tette magáévá a céhes élet fellendülő korszakában. Ekkor kelet-

kezik számos város Kelet-Európában, így Magyarországon is, főleg vallon, flamand és német telepesek behívása révén. Különleges jelenség az új, sokszor városi előjogokkal telepített falvak esete Flandriában és Angliában. A löweni statútumokat 1160–1251 között 5, Lorrisét 1155-től 83, Beaumont-ét 1182 után több mint 500 falu veszi át. A földesurasággal szemben csak kis kötelezettségek maradnak fenn.

De munkaerőt csábítottak faluról a bányák is, hiszen különösen a vas iránti igény fokozódása új és új lelőhelyek felkutatását és kiaknázását követelte meg. A tridenti statútum (1185) biztosítja a bányászoknak, hogy „libere et sine controversia debeant morari, laborare, ire, venire in monte et in civitate et ubicumque voluerint”, vagyis mind a bányákban, mind a városban kedvük szerint dolgozhatnak, szabadon költözködhetnek. Jihlavában a bányászok tulajdon-, ill. hűbérjog megszerzését pontosan meghatározza Vencel cseh király adománylevele (1249). Hamarosan bér munkásokkal végeztették el az eredeti telepesek a munkát, bányajogaikat áruba bocsátották.

És hogy a legősibb túlnépesedés elleni remédi-umot ne felejtjük, gazdaságilag teljesen indokolatlan háborúkat is kezdett a Nyugat. Szó sincs tudat alatti agresszióról, a kor vezető államférfia, II. Orbán pápa e szavakkal hirdette meg

1095-ben az első keresztes hadjáratot, anticipálva a későbbi nagy gazdasági fellendülés okozta demográfiai robbanás motivációját: „Semmi ne tartson vissza benneteket, sem vagyon, sem család. Országaitok minden oldalról körül vannak zárva, magas hegyek veszik körül őket távol a tengerektől, és túl szűkek egy ilyen nagy lakosság számára. . . .”

És ezután két évszázadon át ostromolták váltakozó sikerrel, de végső fokon hiába az európai hadak a Földközi-tenger levantei partjainak városait.

## II.

Ahhoz, hogy ezt a rendkívüli expanzivitást megértsük, a technikai forradalom más jelenségeivel is meg kell ismerkednünk.

A vízimalmok számos válfaja közül a hajómalom ókori, akárcsak a függőleges tengelyű primitív turbina, de az alul- és fölülcsapó malom szerinti disztinkció is korábbi a vizsgált korszaknál.

Viszont a XI. században tűnik fel új mozzanatként a tenger mozgási energiájának értékesítésére való törekvés. Az első apály-dagály malom a velencei lagúnában igazolható (1044), valamivel későbbi a Dover kikötőjében épült (1066–86). A következő században több ilyen malom keletkezik a La Manche-csatorna mindkét partján.

Cornwallban a XIII. században 5, a XIV.-ben 9, a XVI.-ban már 11 malomról tudunk. Németországban az első említés 1220-ra esik.

Ez önmagában csak jelzés: ahol nincsenek megfelelő vízfolyások, az eszmélő ember alternatívát keres, és mindig talál. Ez vezetett új energia-hordozók keresésére, melyek közül eminens szerep jutott a szélnek.

Igaz ugyan, hogy Afganisztánban a X. században már működnek vízszintes szélkerekek, azonban kétséges, hogy azok ösztönöztek-e a XII. század közepi nyugati találmány megalkotására. Végső fokon itt is felmerülhet, hogy Heron szélkereke adta a gondolatot. De a hajó vitorláinak éppen e korban fokozódó jelentősége sem maradhatott hatás nélkül a nyugat-európai feltalálókra.

Több vitatható értékű forrás után Angliában 1170–85 és Németországban 1190 előtt valószínűsíthető a szélmalom használata. Előzőben bérleti szerződések maradtak fenn, ami hosszabb használatra enged következtetni, utóbbi azzal válik bizonyítottá, hogy a III. kereszties hadjárat szemtanúja leírja, miként építették fel német katonák az első szélmalmot Szíriában. A szélmalom hihetetlenül gyors terjedését támasztja alá III. Cölesztin pápa 1191–98 közötti elhatározása, hogy megadóztatja a tulajdonosokat. Különösen a gyors vízfolyásokat nélkülöző Németal-



földön szaporodtak el, a XII. században már 120 szélmalom vitorlái forogtak egyedül Ypern határában. Hollandiában a gátak által visszahódított, a tenger szintje alatti területek víztelenítésében életfontosságú szerep jutott ezeknek az erőgépeknek. Hét évszázad múltán, 1836-ban Marx 12 000 szélmalomról tudósít Hollandiában, összes teljesítményüket 6000 LE-re teszi; a XIII. század végén már több százra tehető a számuk, és nélkülük a Leiden és Alkmar közötti tengerfenék kiszárítása elképzelhetetlen lett volna.

Jelentőségük télen mutatkozott meg: ahol befagytak a patakok és folyók, az őrlés szünetelt a vízimalmokban; a szélmalom csak a széljárás-tól függött, és az Észak-Európában ritkán hagyta cserben a molnárokat.

A másik energiahordozó, amelyet a középkor felfedezett és ipari méretben hasznosításra fogott: a kőszén. A felszíni fejtésből – Angliában 6–15 m mélységig – bányászott nyersanyagot először a mészégetésben alkalmazták. London utcajegyzéke már 1226-ban feltüntet egy „Sea Coal” (tengeri szén), másképpen „Lime Burners” (szénégetők) síkátorát. Előző nevét onnan nyerte, hogy a durhami grófságban a tengerparton a hullámverés mosta ki a szenet a földből. 1234-ben a newcastle-i polgárok engedélyt kaptak a bányászásra, és rövidesen a vas kovácsolá-

sában eminens szerephez jut, sőt lakás fűtésére is használják. Így aztán London az első város, amelyben 1257–88 között a levegőszennyeződés miatti tiltakozás több ízben hangot kap.

1307-ben királyi rendelet tiltja be felhasználását, mert „...elviselhetetlen szag terjed el az egész környéken, és a levegő megromlott a magas méltóságviselők, polgárok és egyéb lakosok nagy elégedetlenségére...” Mondani sem kell, hogy a tiltó rendszabály hatástalan maradt.

Sőt az angol szén Flandriába szállították, ahova egyébként Limburg és Lièges bányáiból már korábban is importáltak. Az előbbi kolostorokban szerzetesek állítólag már 1113-ban használtak kőszén a kovácsoláshoz. A Ruhr völgyében 1302, a Saar-vidéken 1429 a bányászat kezdő időpontja.

A nagy kutatás során aztán előkerült egy sor energiatípus, amelynek hasznosítása részben még ma sem oldódott meg. Így pl. a XIV. században a mágnesességet kívánták hajtóerőül befogni. A gravitációval – nem lévén különösen új, hiszen a felülcsapó vízikerek is attól forgott – több szerencséjük volt: a XIII. századtól órákat, majd azok mintájára ostromlott városokban malmot hajtottak (1341).

Hadd álljon itt végül egy energiahordozó, amely első ízben a kémiai folyamatok kimeríthetetlen potenciálját tárta fel az emberiség előtt.

A robbanóanyag alapelemei mind Bizáncban, mind Kínában ismeretesek voltak; itt görögtűzként eredményesen alkalmazták arab és nomád behatolók ellen, ott bombaként a mongol támadások ellen védekezve. De az arabok is továbbfejlesztették e fegyvereket, 1280–95 tájt egy szíriai mérnök rakétára tesz javaslatot. Az a gondolat azonban, hogy csövekből szilárd lövedéket zúdítsanak az ellenségre, önálló nyugat-európai fejleménynek tűnik.

A puska receptúrája Roger Bacon egy 1242-re tehető kéziratából kihámozható, az ágyúzás első technikai leírását az 1326. évben írott Holkham Codex tartalmazza. Ebben még nyíl kilövését javasolja a szerző, vasgolyókkal először Lucca ostrománál (1341) és a crécyi csatában (1346) tüzeltek.

A puska békés alkalmazásának eszméje – pl. a bányászatban – ekkor még fel sem merült.

### III.

Az új energiaformák feltárásával párhuzamosan a régi erőforrások tudatos kiaknázása is fokozódott. Ez elsősorban ésszerű közlőművek feltalálásában manifestálódott. Végző soron a ló szügyhámja, a malom bütykös tengelye is ilyen,

de a racionalizálási hullám minden erő- és munkagépet elért.

Az egyszerű kézi forgattyú, bármily hihetetlenül hangzik, teljesen ismeretlen volt az antik világban, Kína viszont ismerte. A forgó mozgás előidézését a fazekaskorong lökdösésével, az orsó pörgetésével szakaszosan látta el az ókori ember, még a fúrást is, az esztergához hasonlóan íjas eszközzel, alternáló mozgással tudta csak elképzelni.

Ez a begyökerezett szemléleti vakság – nem tudjuk kínai hatásra-e – csak a IX. században oldódott fel. Először köszörűkövet hajtó fegyverkovácsot látunk alkalmazóként az Utrechti zsoltárban (816–34), majd tekerőlantot ismertet egy zenei traktátus (942). Bár a X. századi fűrészmalom létezése a forgattyú használatát implikálja, a műszaki irodalomba csak a XI. századi *Schedula Diversarum Artium* révén jutott. Később is csak lassan terjed el: a kézimalmok forgattyúja, a számszerű fészítőszerkezete (XIV. század) után csak a XV. században lehet általános használatáról beszélni.

Szinte azonos kaptafára húzható a zsinórhajtás igen késői átvétele és lassú, tétovázó terjedése. Noha az ókori csigaszerkezetek látványa szinte kínálta a kötél-, zsinór- vagy éppen szíjmeghajtásnak forgó áttételekre való alkalmazását, a keleti textilművesség know-how átvétele kere-

tében került csak sor reá. Amikor a pamutszöve-  
tek térhódítása, különösen a barhent divatja kö-  
vetkeztében a hindu fonókerék először a spanyol  
és olasz gyapottermesztő vidékeken, majd Közép-Európában ismertté vált (XII. század), az  
archetípus rendelkezésre állt. Azonban csak a  
cérnázásra adaptálták a következő században,  
és csak a XVI. század alkalmazta széles körben  
ezt a rugalmas, de megbízható transzmissziós  
rendszert.

Az erőátvitel, ill. -tartalékolás egy középkori  
módszere közvetlenül az alternáló mozgás éssze-  
rűsítésének szándékából vezethető le. Prototípu-  
sa az íj, mely olykor meg is jelenik a gépezetben.  
Lényege, hogy a váltakozó fel és le mozgatott  
szerszámot rugalmas fához, vesszőhöz erősítik,  
ami által a munkás csak lefelé fejt ki erőt, a  
rugózó tartó visszalendíti a szerszámot eredeti  
helyzetébe. Első alkalmazására talán már a St.  
Gallen-i kolostor IX. századi alaprajza sejtet ek-  
képpen működtetett kölyűket. A XIII. század-  
ban Villard de Honnecourt ilyen rugalmas fára  
függeszti vízkerék által mozgatott fűrészt. A  
XIV. század elejéről már rugós-lábító szterga  
képét őrizte meg a párizsi *Bible moralisé* egy  
miniatúrája.

Az említett sztergán a munkás a kést két kéz-  
zel szorítja neki a megmunkálendő darabnak,  
a forgatást lábító nyomkodásával idézi elő. A

szinkronizált lábmunka ugyancsak a középkor koncepciója. Előképe kétségkívül az ázsiai lábitós szövőszék, mely a IX–X. század táján tűnik fel nyugaton. Az eszterga vagy köszörűkő lehetett az első pedállal hajtott szerszám, utána a fűjtatók, az orgona, végül a rokka következtek.

Az energiaátvitel egy speciális esete is említést érdemel itt: a hajók kormányzásában bekövetkezett változás. Az antik hajó hajtóprincípiuma az evezés volt, a vitorla csak kiegészítő szerepet vitt. Ennek egyik oka az olcsó rabszolga-munkaerő, a másik az oldalkormánylapát, mely nem nyújtott kellő biztonságot a kívánt irány tartására; ezért szél ellen csak lebecsátott vitorlával tudott haladni a hajó. Ez megváltozott, amikor a XIII. század első felében feltalálták a hajó farában függőleges tengelyre erősített kormánylapátot. E célból a hajóteknőhöz külön nyúlványt szerkesztettek, a lapát a hajó szerves részét képezve a vízvonallal – tehát a hullámok hatásától függetlenül – irányította azt. Ez lehetővé tette nagy és összetett vitorlarendszer alkalmazását, a hajótestet mélyen járóvá, nagy befogadóképességűvé kezdték építeni, és kimerészkedtek vele a nyílt tengerre. Hamarosan szél ellen manőverező, gyors járatú, evező nélküli hajók lepték el a tengereket, először a Hanza-városok *kogg*-ja (XIII. sz.), majd a portugál *karavella* (XV. sz.).

Hatékonyabb termelési módszerek bevezetésének két akadálya lehet. Az egyik a társadalmi szükséglet hiánya; ez elbuktatja vagy feledteti a jó ötletet akkor is, ha tetemes haszon származik belőle. A másik egy mentális gátlás, amely a kézenfekvő megoldás társadalmi méretű elutasításaként manifesztálódik: ez hiúsította meg a Kolumbusz előtti Amerikában a kerék felhasználását a termelésben, az antik világban a lábhajítás bevezetését.

Az asszociációs hézag, amely az emberi képzeletet távol tartotta attól, hogy egy energiaforrásról több szerszámot is lehessen hajtani, annál is kevésbé érthető, mivel ősidők óta ismert volt a két tilinkón való játszás, két orsó egyidejű fonása. Mégis, hogy a nagy erejű felülcsapó malom két pár malomkővet hajthatna; sokáig fel sem vetődött. Márpedig a technikai fejlődés legfontosabb ágához, az automatikus géphez és a szabályozórendszerek koncepciójához ez a kezdő lépés hiányzott.

Bizonyára már a XI–XII. században tudatossá vált, hogy a kölyűt emelő bütyök munkája végeztével tétlenül forog, miáltal a malomkerék (az őrléssel ellentétes módon) is üresen jár a fordulat nagyobb hányadában. Ez nemcsak a munka hatékonyságát rontotta (fűjtató esetén az elért hő-

fok is visszaesett), hanem az erőgép teljes szerkezetében rángató, egyenetlen mozgást, vibrációkat okozott.

Itt sem tudjuk – csak valószínűsíthetjük –, keleti hatásra változott-e a megváltó gondolat gyakorlattá. Kínában régebbi, az araboknál körülbelül egykorú, de irodalmilag is megfogalmazott több szerszámos munkagépekről tudunk. Legkésőbbben a XII. századra tehető az a technológiai lépés, hogy ugyanarra a tengelyre  $180^\circ$ -os szögben kettő, majd  $120^\circ$ -os szögben három bütyköt szereltek, talán először egyetlen küllő, kalapács vagy más szerszám működtetésére, majd egymás mellett helyeztek el többet. Ezzel megtisztult a perspektíva, és megindulhatott a fejlődés a több, majd sokszerszámos gépek fejlődése irányában. A kölyűsorok mellett legpregnansabb képviselői az 1222-ben Jean de Garland szótárában először szereplő sokorsós cernázókerek.

Hamarosan felszabadultak a képzetek, és az egyöntetű párhuzamos műveletek után megtalálták a módját egymástól különböző munkák végzésének (pl. egy tengelyről hajtott kölyűsor és fűjtatók), és ami ennél súlyosabban esik latba: differenciált egyidejű mozgáselemek összehangolásának. Ennek prototípusát látjuk Villard de Honnecourt fűrészénél, amelynek fel s alá mozgó fűrészlapjával szinkronikusan tolja előre a gépe-



zet a farönköt. Innen már csak egy rövid lépés a szabályozás iránti igény felmerüléséig.

Ez, egyelőre egyszerű formájában meg is történt. A malomban könnyen tüzet okozhatott az őrlendő gabona kifogyása a garatban, mert a kövek üresjárata miatti szikrahullás lánggra lobbanthatta a fászerkezetet vagy a lisztet. Hogy ezt elkerüljék, a garat rázását a felső malomkő forgósebességét tapintó kilinccsel és más egyszerű módszerekkel szabályozták, a szélmalmok olykor lökésszerű fordulatingadozásait centrifugálisan ható lendkerekekkel, súlyokkal stabilizálták már a XIV. század óta.

És ugyanebben a korszakban valósul meg a programozás másik alapfeltétele, a lyukkártya őse, a bütökös dob is. Első felhasználása nem a termelés szférájában történik, hanem zeneautomatákat szolgál. A bütökös tengely felületének dobbá való növelése lehetővé teszi akár több száz szög elhelyezését, amely a XIII. században divatossá váló harangjátékot – a kölyűs malmok analógiájára működtetve – megszólaltatta. Az elsőknek a XIV. században bizonyára még rögzített dallamprogramjuk volt. Mihelyt a szögeket cserélhetőnek szánták, változtatható programot tervezhettek. Ne higgyük, hogy ez nem jelentett munkaerő-megtakarítást. A középkori harangozás bonyolult zenei teljesítmény, olykor féltucatnál is több ember előírt program szerinti, hosszú

órákig tartó játéka volt; D. Sayers mai tárgyú híres regénye (*Nine Tailors*) érzékletesen ír le egy szilveszteri, tíz órán át tartó, kilenc személyt foglalkoztató harangozást egy gótikus templomban.

A sokszerszamos munkagép és a kezdetleges szabályozás közös eszmei tartománya az automatizálás. A kor mérnöke vérmérséklettől függően végletesen vagy gyakorlatiasan nyúlt hozzá az önműködő gépezet megvalósításához.

Az igazolhatóan hindu eredetű örökmozgó feladvány gondolata a teoretikus alkatú elméket foglalkoztatta inkább. Az arabok által már továbbfejlesztett megoldási ötletek – mind gravitációs erőn nyugvók – 1200 körül feltűnnek Európában, és Villard de Honnecourt-tól Taccoláig minden középkori mérnök elméjét foglalkoztatták.

A perpetuum mobile jelentősége nem a cél elérésében, hanem kitűzésében keresendő; a jobb témára méltó erőfeszítések kibontakoztatták a mechanikai, mágneses és hőtani technológia egész kelléktárát és így a kísérletező természettudós típusa felé mutattak előre.

A pragmatikus alkatú mérnököt – és ilyennek kell elismernünk a bevezetőben jellemzett Richard Wallingford apátot is – a régóta megoldatlannak érzett időmérés mechanikai kivitele foglalkoztatta inkább. A klepsydra, az antik vízióra

egyrészt használhatatlanná vált az északi országokban, hiszen hideg esetén befagyott, másrészt pedig pontatlan volt. 1271-ben Robert l'Anglais már visszatekint a számtalan kísérletre, és lemondóan állapítja meg, hogy az asztronómiai idő egyenletes lefolyását imitáló fogaskereket egyiknek sem sikerült megszerkesztenie. Leírásaiból megtudjuk, hogy a döntő szerkezeti elem: a gátlószerkezet hiányzott.

Ez a fogyatékoság a századforduló körül a múlté volt – a XIV. század a bonyolult, nagyszabású óraműveké. Valószínűleg a foliot-gátlóművet találták fel ekkor. 1318 körül Dante már metaforának használja a harangszóval napfelkeltét jelző kerekés órát:

*„Miként az óra, csengve bongva tarkán  
az Ur arája keltét jelzi reggel,  
s zeng jegyeséhez szent szerelmi dalt tán,  
hol kerekék fogózva kerekékkel  
tin-tin szavát mind oly remegve csengi. . .”*  
(*Paradicsom X. 139–143*  
*Babits M. ford.)*

Akkor építi meg Wallingford (1326 után) saját kezűleg és igen nagy költséggel a St. Albans-apátság óráját. Az óra még 1540-ben is mutatta az idő mellett az égitestek mozgását, sőt az ár-  
apály állapotát is; valószínűleg ütötte az órákat.

Petrarca és más jeles humanisták barátja, Jacopo és fia, Giovanni de' Dondi nevéhez fűződik a kor leghíresebb óraműve. A Padovában 1344-ben felállított műszer az idő múlását teljes terjedelmében mutatta, tehát naptár is volt, amely a mozgó ünnepeket is jelezte. Az ifjabb Dondi 130 000 szavas, sok ábrával ellátott leírást hagyott hátra, úgyhogy a közelmúltban pontos és működő másolat készült róla. Petrarca a csillagászok fejedelmének nevezi Giovanni de' Dondit „akit Del Orologióként tartanak számon, mert a csodálatos planetáriumot a tudatlanok órának vélik”.

Egykorú vele a strassburgi sokalakos harangjátékkal ellátott óra (1352), amelyen a háromkirályok hajladoztak, kakas kukorékol, és az érvágásra alkalmas időpontokat is jelezte egy mutató. 1350–70 között keletkezett a nürnbergi, firenzei, bolognai, ferrarai és párizsi, 1382-ben a dijoni, a XV. század elején a lübecki, 1386-ban a ma is (átépítve) működő salisburyi óra.

Mindezek az órák egy ma már érzékelhetetlen ritmusváltozást is előidéztek. Az antik időbeosztás a középkorban is érvényes törvénye szerint a nappali és éjszakai időszakot egyaránt 12-12 (kánoni) órára kellett osztani. Világos, hogy egyrészt északon és délen, másrészt télen és nyáron nagyon is eltérő volt egy-egy óra hossza. Egyiptomban 10–14 óra között ingadozik az év során

a napszak hossza, egy óra tehát 50–70 percig tartott, Londonban 7 óra 45 perc és 16 óra 30 perc között változott a nappal, vagyis télen 39, nyáron 83 percig tartott egy óra. Ilyen körülmények között egységes időmérésről, de munkaszervezésről sem lehetett szó. Az új órák az új korszak egyenletes időfolyását mérték, amiről az álmélkodó kortárs 1335-ben így emlékezik meg: „Csodálatos óramű... mely éjjel-nappal méri a 24 órát. Éjjel egykor egyszer, kettőkor kétszer üt... ami nagyon hasznos minden rendű embernek.” 1345 óta az órákat 60 percre és ezeket 60 másodpercre osztják. Megkezdődött a modern időmérés. Talán igaza van Mumfordnak: „Az óra és nem a gőzgép az ipari forradalom kulcsgépe.”

## V.

Amikor megrajzoltuk a középkor technikai forradalmának a malom elterjedése és az óra feltalálása között feszülő ívének kontúrait, tudatosan mellőztünk egy sor gazdasági ágat, amely a fentiekkel szerves kapcsolatban állt. Ez távolról sem jelenti, hogy a változások nem hagytak bennük nyomot, sőt azok hatására vagy egyszerűen a dinamikus és kísérletező korszellemnek engedve önálló fejlődésnek indultak.

Ilyen volt mindenekelőtt az építőipar. Amit a román és korai gótikus stíluskorszak erősítményben, polgári és fejedelmi rezidenciákban, főleg azonban katedrálisok tekintetében produkált, az nemcsak mennyiségileg, hanem minőségi vonatkozásban is elhalványítja a korábbi és a tárgyalt időszakot követő évszázadok teljesítményét. 1050–1350 között Franciaországban 80 katedrális, 500 nagy templomot és több tízezer falusi és kolostori templomot építettek. Norwichnak 50, Lincolnnak 49, Yorknak 41 temploma volt ebben a korban, holott lakosságuk 5–10 000 fő között ingadozott, tehát 100–200 hívőre jutott egy-egy isten háza. Sok városban oly nagy volt a főtemplom, hogy az egész lakosság részt vehetett volna a misén. Hasonlóan túlméretezett számos városháza, posztócsarnok, várkastély.

Pedig az építkezési technika eszközei kevésbé változtak a római kor óta. A kőfejtés és megmunkálás eszközei lényegileg azonosak maradtak, az emeléshez továbbra is csigát és taposókerékkel ellátott darut használtak. Igaz (talán távol-keleti ösztönzésre), feltűnik az azóta is nélkülözhetetlen talicska, tökéletesednek a kőfűrészek, javul a vésők kiképzése, edzése.

Viszont talán éppen ez teszi lehetővé értékeesebb, keményebb kőzetfajták alkalmazását, miáltal a falvastagság csökken, a magasság pedig

nőhet. A késői román és a gótikus építészet stílusára oly jellemző könnyed és merész konstrukciók, világos belső terek ennek a minden eddiginél kisebb anyagfelhasználást biztosító tervezési módnak köszönhetőek.

A technikai forradalom a statikai elvek újszerűségében nyilvánul meg. A keletről átvett csúcsív először csak dekoratív szerepet visz, később a boltozat és bordázat tökéletesedése révén hordozó feladata előtérbe kerül. Ugyanakkor a XII. században a hatalmassá növvő ablakok érdekében a támpillérek és támvégek rendszere részben pótolja a fal funkcióját. Az ablakok mérműves rendszere, az ablakrózsa, a kő megmunkálásának azóta sem megközelített tökélyére vezetett, és egyben az üvegtechnika szinte előzmény nélküli kifejlődésével járt. Ekkor születik meg – alighanem keleti hatásra – a csigalépcső mind a templomban, mind polgári épületekben, a fedett, majd nyílt erkély és a vízköpő (*gargouille*).

A polgári építkezésben is sok újítással találkozunk: megszületik a kémény, a cserépkályha, a tetőfedésben a félhengerpalást alakú római cserép mellett feltűnik a lapos cserép, a réz- és ólomtető.

Végül említést érdemel az egészségügyi installációk fejlődése egyes kolostorokban; nem tudjuk, hogy a XII. századi canterburyi tervrajzon a teljes prépostságot behálózó vízellátási rend-

szer megvalósult-e, de koncepciója önmagában előremutató; a nagy kolostorok jelentős részében a latrinák vízfolyás felett helyezkedtek el.

Látványosnak nem mondhatók a mélyépítés eredményei sem, a gátépítés Hollandiában és a közlekedést szolgáló első csatornák azonban berendezéseik miatt említést érdemelnek. Az első a víztelenítést végző szélmalmok, utóbbiak az 1285 óta igazolható zsiliprendszerük miatt. Ebben a korban épülnek meg az első nagy duzzasztógátak is. Ilyen a Garonne-on szerkesztett 400 m hosszú gát Bazacle-nál (1177 előtt).

A bányászat eszközeiről igen keveset tudunk, de a kitermelt mennyiségekből mind a kő, mind az ércbányák berendezéseinek gyors ütemű fejlődésére kell következtetnünk. Amikor I. Edward angol király megalapította a Vale Royal-i cisztercita apátságot, három év alatt (1278–81) 35 448 fuvar követ (átlagosan 1 t) szállítottak az építkezéshez, vagyis csaknem negyedóránként kellett egy-egy kocsinak indulnia. Köztudomású, hogy Párizs alatt terjeszkedik Észak-Franciaország legnagyobb kőbányája: 300 km hosszúságban, 600 hektár területen, olykor három szinten egymás felett húzódnak a kivájt üregek, amelyekből a város és környéke számtalan épületének anyaga kikerült.

Arab kísérleti tapasztalatokból indul ki, de hellenista hagyományokra, az alexandriai iskola



tanaira megy vissza a lassan kibontakozó alkimista kutatás Európában. Első eredménye a borszesz lepárlása volt (1100 körül), ez orvosságként terjedt el a Fekete Halál idején, és a pálinka azóta szerves része lett a nyugati civilizációnak. Az arabok által átvett kémiai apparatúra gyorsan terjedt el, és ha az aranykészítés nem sikerült is vele, egy sor érdekes melléktermék keletkezett, mint a salétromsav (XI. sz.), feltalálták a tükör foncsorozását (XII. sz.) és nem utolsósorban a puskaport.

A közlekedésről esett már szó, amikor a ló új fogatolásával nagyobb és gyorsabb szekerek vontatása, az új kormánylapát révén gyorsabb, szél ellen is navigáló hajók építése vált lehetségessé. A XII. században feltűnnek az evező nélküli vitorlások, és a század végén – ismeretlen úton-módon Kínából – az iránytű.

Alexander Neckam, Oroszlánszívű Richard tejtestvére már 1180 körül említi (*De naturis rerum*-jában, mely a lábitós szövőszék első leírását is adja): 1225-ben oly általános, hogy izlandi hajósok sem nélkülözik. Érdekes, hogy az arabok az olasz hajósoktól kölcsönözték.

Az iránytűnek köszönhető az első méretarányos tengeritérkép-típus, az 1270 óta ismert kompasztérkép, a sugárhálózattal ellátott „portolano”. Ettől fogva a nyílt tengeri hajózás kockázata jóval csekélyebb, a hajósoknak viszont

a térkép, az iránytű és csillagászati műszerek (pl. az 1300 körül gyakorlatba vett Jakab-bot) ismeretét kellett elsajátítaniok, vagy ahogyan Raymond Lullus 1295-ben írta, „a hajózás a geometriából és aritmetikából él”. 1292-ben indulnak el az első, Afrika körülhajózására elszánt genovaiak, a Vivaldi testvérek, de hajótörést szenvednek; céljukat, Indiát majd csak Vasco da Gama éri el két évszázad múltán.

Alig volt a mindennapi életnek területe, ahol a technikai forradalom hatása ne érződött volna. Az ember a XII. század óta szappant használt a mosdáshoz, ugyanakkor kezdte gombbal rögzíteni ruhája nyílásait, az asztalán megjelenik a kés és a kanál után a XIII. században a villa is, jóllehet egyelőre csak tálalás céljára, kapuja zárában spirálrugó húzódik meg, leveleit papírra írja lúdtollal, és ha megöregszik, szemüveggel olvashat 1285 óta.

## VI.

Az ipari technológiában végbement forradalmi változások és a szabályozás terén kimutatható figyelemre méltó kezdeményezések láttán óhatatlanul felvetődik a kérdés: kísérte-e egyidejű „tudományos forradalom” az eseményeket?

Amikor Dondi 1389-ben meghalt, 110 kötetes

könyvtárában 23 kötetnyi arabból fordított tudományos munkát hagyott hátra. Az iszlám kultúra konzerváló hatása az antik, valamint egykorú bizánci, perzsa, indiai és távol-keleti tudományos ismeretek tekintetében szinte közhely, mégis újból hangsúlyoznunk kell fontosságát, rámutatva, hogy az arabok ebben a korban tovább is fejlesztették ezeket az eredményeket.

A közvetítő tudósok élén áll Gerbert, a későbbi II. Szilveszter pápa, aki spanyolországi tartózkodásakor (967-től) találkozott az arab kultúrával, és műszakilag is érdeklődő ember lévén, automaták előállítását, az arabs számjegyek használatát sajátította el; utóbbit nagy igyekezettel, kevés eredménnyel próbálta nyugaton bevezetni. A XI. században Constantinus Africanus, majd a XII.-ben Adelard of Bath fordítottak arab műveket. Utóbbi – a decimális számítási módszereket ismertető Al Chvarizmi fordítója – az új felfedezésekkel szembeni előítéletekről ír, és az arabokra fog minden újat, így saját, merészebb gondolatait is.

A *Questiones naturales*-ban így ír: „Minek tölténél meg pergamentekercseket, ha olyan közönséged van, amely nem ésszerű érvelést vár el, hanem egyszerűen egy régi könyvcím idézetében bíz.”

Adelard a föld gömb alakját vallja, körülírja az anyag megmaradásának elvét, tehát kiemeli

az arab közvetítésű görög materialista irodalmi hagyomány számos elemét.

Kortársa, Guillaume de Conches az anyagi világ önálló létét hirdette, azt állítva, hogy Isten csak lelket lehelt az emberbe: tévtanát utóbb visszavonni kényszerült. Pierre Abélard 158 el-  
lentmondást pecézett ki a Bibliában, a dialektikát fejlesztve a természettudományok számára az isteni megszállottságtól mentes tapasztalati vizsgálatokat követelte, és a kétely becsületéért szállt síkra. Őt nevezzük az első európai értelmiséginek, Le Goff két főművét „a nyugati gondolkodás első *Discours de la Méthode*”-jaként értékeli. Persze ő is alulmaradt az antiintellektuális Clairvaux-i Bernáttal folytatott vitában, és megtagadta eszméit. Mindketten, akárcsak Daniel of Morley erős arab szellemi hatás alatt álltak, de utóbbi nyíltan hivatkozott rájuk, és bibliai idézeteket hozott fel mentségükre. Nem áallja elismerni, hogy Toledóba sietett a quadrivium elsajátítására, „hogya meghallgassam a világ legbölcsebb filozófusainak előadásait”. Kevesen tudják, hogy a szerencsétlen sorsú Abélard-nak született Héloïse-tól egy fia, akit a tudomány iránti tisztelet jegyében a Hipparchos által feltalált és az arabok révén nyugatra közvetített csillagászati műszerről Astrolabiumnak neveztek el.

Ebben a korban működött egyébként a Raymond toledói érsek által alapított fordítóiskola,

amely az arab nyelv és írás elsajátítását szolgálta. Itt készült többek közt az első Eukleidész-fordítás is 1140 körül.

Nem méltatjuk azt az erős távhatást, amely (főleg az arabok közvetítése révén) Indiából jutott Európába. Egyedül a gótikus csúcsívet tartjuk számon: ez a IX. században jut el Samarrába és Kairóba, a XI. században tűnik fel Amalfiban és Montecassinóban, a XII. század elején már Franciaországban alkalmazzák, és a St. Denis-katedrális 1135-ben megkezdett építkezését tekintik a gótikus építészeti stíluskorszak első megnyilvánulásának.

Az arabs számjegyek, de különösen a nulla feltalálásának indiai eredetére ma már csak Al Chvarizmi művének latin címe utal: *Algoritmi de numero indorum*. A trigonometria számos vívmánya, így a korai sinus- és tangenstáblázatok indiaiak voltak, akár a már említett fonókerék, az örökmozgó eszméje, nem is szólva a sakkjátékról (persze közvetítéssel), a ma rózsafüzérnek nevezett számoló-segédeszközről és az ide nem tartozó szellemi hatásokról. (Pl. eretnek szekták a lélekvándorlás eszméjét vették át.)

Az indiai befolyás reprezentánsa Hugo de Saint Victor, aki először kísérelte meg, hogy a technológia oktatásának helyet biztosítson (*Didascalion*, 1120). Művét párbeszéd formájában írta, és saját véleményét egy hindu brahman szá-

jába adta, mert azok „természettől fogva keresztényi mentalitását” nagyra becsülték Európában.

A XIII. században már önálló alapkutatást űző természettudósokkal találkozunk. Az oxfordi ferences, Robert Grosseteste nemcsak Arisztotelész *Fiziká*-ját látta el kommentárral, hanem *Compendium sphaerae* (1232) című munkájában – ugyancsak arab hatásra – valamennyi égitest gömb alakját bizonyította, beleértve a Földet is. Különösen sokat foglalkozott optikával, nagytölencséket konstruált. Híres tanítványa Roger Bacon, aki parabolatükrökkel kísérletezett, javaslatot tett a naptár korszerűsítésére, és *Opus majus*-ában (1267) a józan ész által elfogadott érvelés kísérleti ellenőrzését követelte. Ő maga Pierre de Maricourt-t tartotta kora legnagyobb természettudósának, dominus experimentorum-nak nevezte el őt. Valóságos dicshimnusz zeng erről a férfiről, aki éppúgy gyűjti a háborús technika, a mezőgazdaság és orvosi ismeretek adatait, mint a boszorkányok bűvölési módszereit és a bűvészek trükkjeit. Maricourt-tól csak a mágnesűről írott levelek maradtak fenn (1269), melyek a XVII. századig standard műnek számítottak; az általa leírt mágnesű a máig használt változat.

Ha a világegyetem pólusainak vonzerejével magyarázza az iránytű mozgását, vagy ha Jorda-

nus Nemorarius 1230 körül kimondja az emelő-  
karok mechanikája kapcsán, hogy egy gép által  
végzett munka a ráfordított munka mennyiségé-  
vel azonos, vagy ha az Arisztotelész mozgásel-  
méletét később revideáló Buridan és Oresme az  
impetus elméletet fejtik ki: elégtelen eszközökkel  
– és ahogyan Bernal mondja, minden ösztönzés  
nélkül – egy új fizikai világkép előkészítésén fára-  
doznak.

Azonban ebben az új természetszemléletben  
a tudomány nem jár elől, hanem a technikai  
forradalom eredményeinek konzekvenciáit von-  
ja csak le. 1277-ben Étienne Tempier érsek a  
pápa biztatására nyilvánosan elítéli a párizsi  
egyetemen oktatott 219 téveszmét, majd Bacon  
*Opus majus*-át és sok más művet indexre tesznek,  
a kutatás alábbhagy, a középkori természettudo-  
mány rövid fellendülése a végét járja.

E. Labrousse valahol azt állítja, hogy „a társa-  
dalom éppen olyan lassan követi a gazdaság át-  
alakulását, mint a társadalom átalakulását a  
mentalitás”. Ha ehhez hozzátesszük, hogy a  
gazdaság is lassan követi a technika átalakulá-  
sát: a gondolati sort teljesnek érezzük.

## IPARI FORRADALOM A KÖZÉPKORBAN?

A technológiai fejlődés ma is lenyűgözően ható sodra igazolja, hogy az agrárforradalmat követő nyugat-európai innovációk valóságos technikai forradalmat jelentenek. Amíg ennél a meghatározásnál maradunk, nincsenek terminológiai vagy periodizációs gondjaink.

Ha végigtekintünk a termelékenységet javító vívmányokon a talicskától a harangjátékig, nehéz olyan műszaki elvekről beszélni, amelyek érvényesülése egységes képet adna a változásokról.

Makkai L. az emberi munkának szerszámokban, később gépekben való fokozatos tárgyiasulását kifejező történeti periódusai nehezen alkalmazhatók itt egységes módon. Az erőátvitel gépesítésének (T) késői, az energia kiváltásának (E) korai szakasza aktuális éppen. Ennek tükrében a forgattyú és zsinórhajtás átvétele az első, a bütykös tengelyről hajtott malmok a második periódus tipikus képviselőiként tarthatók számon. Igen ám, de a harangjáték és a még tárgya-



landó cernázómalom egy, már komplex műveltsor feletti felügyeletté redukálják az emberi munkát, továbbá a programvezérlés lényeges elemeinek gépesítését (D) is megvalósítják.

Mumford eotechnika – paleotechnika – neotechnika korszakfelosztása még kevésbé alkalmas a történetek kategorizálására és saját korábbi próbálkozásaink is csak heterogén képet adnak a korszakról: folytatódik a szakaszos működésű gépeknek már az ókorban megindult folyamatoszá váló átalakulása, megkezdődik, de nem zárul le a lábhajtás és a sokszerszamos gépek alkalmazása.

A technika fejlődési üteme tehát szinte minden területen felgyorsult, korábbi kezdeményezések kibontakoztak, újak keletkeztek, de nem záródott le semmi, és ez nem is okoz fejtörést. Már Marx azt mondta az ilyen fejlődési szakaszra: „Itt csak nagy általános jellemvonásokról van szó, hiszen a társadalomtörténet korszakait éppoly kevésbé választják el elvont és szigorú határvonalak, mint a földtörténet szakaszait.”

Más kérdés az, hogy a termelékenység terén elért mindaddig példátlan növekedés hatására bekövetkező gazdasági-társadalmi változások feljogosítanak-e arra, hogy a középkor ipari forradalmáról beszéljünk?

Mielőtt a válaszadást megkísérelnők, vizsgál-

juk meg a műszaki események hatását az ipari szerkezet átalakulására egy könnyű- és egy nehézipari példán.

## I.

Az élelmezés után a ruházat a legkevésbé rugalmas fogyasztási termékegyüttes, nélkülözhetetlensége folytán a gazdasági fellendülés, a gyors műszaki fejlődés korszakaiban az alapvető élelmiszerek reálárai mellett a textíliák árai jelzik az értékcsökkenéssel járó megszilárdulással, majd áreséssel, hogy a termelékenység növekvőben van, a gyártási kapacitások teljesen igénybe vannak véve, a vállalkozókedv révén újak keletkeznek, egyszóval a kereslet és kínálat átmeneti egyensúlyban vannak.

A középkorban a gyapjúipar, szorosabban véve a posztóipar jelentette a primer közszükségleti textília gyártásának tartományát. A technikai újítások itt számottevőek voltak; így pl. a

féműs kártolás a XIII. században,

a fonókerék a XII. században,

a kétszemélyes lábítószövőszék a XI–XII. században,

a kallómalom a X–XI. században

terjedt el. Az újítások átvétele kapcsán olcsóbban és minőségileg jobban termelő vidékeken – különösen Flandriában, Észak-Francia-, Német- és Olaszországban – exportra termelő góccok jöttek létre. Itt a városi kereskedőtestületek szigorú szervezési rendje alatt a városi textilcéhek és a környező falvak bedolgozói távoli piacokra termelik a posztót.

A nyersanyag és minden készülségi fokon levő féltermék általában a posztós tulajdonát képezi, a céhes nyírómester éppúgy a bér munkamegbízástól függ, mint a fonást végző falusi parasztasszony. Ez a termeltetési séma, kisebb-nagyobb eltéréseket megengedve, egyaránt érvényes Ypernre és Firenzére, de érvényes bizonyos mértékig a későbbi délnémet barhentgyártó és toszkánai selyemipari városokra is. Ahol pedig nem ebben az irányban fejlődött az ipar megszervezése, a céhek önállóan dolgoztak, vagy éppen semmilyen összetartó fegyelem nem létezett, a termék piaca a helyi igények kielégítésére szűkült.

Hogyan működött ez a gyártási szervezet, ahol, mint Ypernben vagy Firenzében, a kibo csátás a XIII–XIV. század fordulóján megközelítette az évi 100 000 véget?

A munka lényegében a szórt manufaktúra jellegét képviselte (Verlag), mert néhány központi helyen végzett, jobbára a posztós cég tulajdonát

képező vagy egyes posztósok által bérelt üzemen kívül (kalló, festőde, mángorló) a termelés a lakásokban folyt. Mindazonáltal a munkakezdést és -végzést, az étkezési szüneteket harang jelezte, a lakásokat minőségi ellenőrök látogatták. Ezenfelül természetesen minőségi átvétel történt minden gyártási lépcsőt követően. Az egyes posztósok saját belátásuk, de egységes direktívák szerint állapították meg a bért; a kizsákmányolás mértékét a piaci kereslet mellett az érdekvédelmi orgánumoknak, a céheknek a városi közigazgatásban kivívott hatalmi helyzete determinálta.

Az igazsághoz tartozik azonban egyrészt, hogy a posztósok között is elszánt verseny folyt, hiszen a kis és nagy forgalmat bonyolító kereskedők polarizálódó küzdelme idővel a tőkekonzentráció javára dőlt el, másrészt pedig az, hogy a nagy kereskedőházak óriási és költséges távkereskedelmi hálózatot tartottak fenn, mely egyáltalán lehetővé tette, hogy 10 000-es nagyságrendű munkásagglomerációk keletkezzenek. Ha tehát például a firenzei posztóipar társadalmi struktúráját vizsgáljuk, nem téveszthetjük szem elől egy Datini vagy Peruzzi ház beruházott tőkéjét, tengerentúli ügynökségeit, hajózási érdekeltségeit és kockázatvállalásait, s a maga korát meghaladó mértékű szervezettségét és külkereskedelmi technikáját. A kíméletlen kizsákmányolás és a fejlett értékesítési szervezet egymást felté-

telező tényezők, az eredeti tőkefelhalmozás legfontosabb módszere. Flandriában Truck-szisztéma néven ismerték azt az eljárást, amikor a posztós gyapjút vagy pénzt előlegezett a mesternek olyan teljesíthetetlen munkafeltételek ellenében, melyekkel örökké gazdasági függőségben tarthatta.

Milyen társadalmi változások következtek be tehát a modern termelési mód hatására? Kétségkívül létrejött egy városi kereskedő polgárság a feudális uralkodó réteg nagy ellenszenvére, amely először a környező falvak – később városfalakon belül letelepedett, utóbb céhekbe tömörülő – munkásainak termelését megszervezte. A városi kommuna már a XII. század elején megbotránkozás tárgya a feudális rend képviselőinek a szemében, hiszen mint Wibert de Nogent írja, „rabszolgák létesítették uraik kárára, kivonva magukat autoritásuk alól, ezzel megfosztva őket törvényes előjogaiktól”. Az angol Richardus Divisiensis pedig így átkozódik: „Communa est tumor plebis, timor regni, tepor sacerdotis”, vagyis a kommuna a nép daganata, az ország félelme, a papság gyengítője.

Az egyházi uraik elleni eredményes felkelések (Lièges, 1066; Cambrai, 1077; Beauvais, 1099; Noyon, 1108 stb.) után a polgárok rövidesen munkásaikkal kerülnek szembe. Ahol a céhek veszélyessé válnak, betiltják őket (Rouen, 1189;

Didant, 1255; Tournai, 1280; Brüsszel, 1290). De rövidesen fegyveres harcok törnek ki. Először sztrájkokról hallunk (Douai, 1245), Gentből 1274-ben kivonulnak a takácsok és kallósok, 1280-ban általános lázadás tör ki, amelyhez a flandriai parasztság is csatlakozik, és végül a XIV. századi elégedetlenség nagy felkelésekben ölt formát, melyek közül a firenzei (1378–82), a Michaele di Lando kártolómunkás által vezetett Ciompi-mozgalom, csak a textiliparban kikristályosodott társadalmi ellentmondásokból érthető meg. A lázadó munkások korai kommunista ihletésű eszmevilága behatóbb tanulmányozást érdemelne. „A takács és a kallós az egyenlőség birodalmáról álmodoztak – írja Verriert –, ahol senkinek sincs többje a másiknál”; Pirenne pedig a takácsokban látja „minden városban a forradalmi jelzést adókat, akik azt a hatalmas küzdelmet vívták, mely a courtrai-i győzelem után átmenetileg győzelmet ígért”.

Érdekes, hogy már a XII. század végén több verses regény, így Chrétien de Troyes *Oroszlán lovag*-jában (1190 előtt) és Hartmann von der Aue minnesänger az *Erek*-ben (1195 után) megénekelte a selyem-, illetve lenmanufaktúrában dolgozók sanyarú életét. Előbbi elsőként fogalmazza meg világosan a kizsákmányoltság tudatos voltát, amikor a heti 20 sout kereső szövönőt így szólaltatja meg:

*„Nagy szegénységben élünk  
s meggazdagszik a mi érdemünkből  
az, aki számára dolgozunk.”*

Tudjuk, hogy a XIV. század nagy osztályharcai elbuktak, és a kereskedők szilárdan tartották pozícióikat. A mesterek nagy része kivándorolt – így 1280-ban Flandriából Angliába, megvetve ezzel az angol posztóipar alapjait –, mások végleg bér munkássá süllyedtek, mint Firenzében, ahol a kereskedők a felkelés nyomán ki is egyeztek a nemességgel, anticipálva egy négy évszázad múlva megismétlődő kompromisszumot.

Mégsem mondhatjuk, hogy Nyugat-Európában a kapitalizmus létrejött volna. A XIV. században a textilipar nagy exportgócái elsorvadnak. Ypern elővárosai az 1383. évi ostrom alatt leégtek, megmaradt mesterei is elvándoroltak, 1406-ban még 3–4000, 1486-ban már csak 25–30 szövőszéket számlálnak meg a városban. Hasonlóképpen a Firenzében termelt 100 000-re becsült posztóvég a Ciompi-felkelés leverése után már 1381/2-ben 19 700-ra zsugorodik. Ne siessük el a következtetést. A textilipari központok visszafejlődése nem az osztályharcok következménye volt, hanem fordítva: a konjunktúra romlása miatt már Firenzében is 1377-ben csak 24 000 végposztót sikerült a firenzei kereskedőknek eladniuk – a létminimum alá csökkent a posztó-

munkások bére, s ez váltotta ki a kisemberek (ciompi) elkeseredését.

Tény azonban, hogy a század osztályharcai-  
nak eredményeként évszázadokra megmereve-  
dik a kialakult helyzet. Ahogyan a firenzei ta-  
nácsban ismét egyharmadára redukálták buká-  
suk után a kisemberek céheinek arányát, Nürn-  
bergben teljesen betiltották a céheket, ugyanúgy  
Augsburgban a barhentgyártók kivívták egyen-  
jogúságukat, másutt (pl. Köln) a patríciusokat  
elűldözték a városból – de ez az állapot azután  
évszázadokra konzerválódik, egyensúlyhelyzet  
alakul ki.

Ennek megfelelően a csírában jelentkező ma-  
nufaktúrarendszer nemcsak hogy stagnál, ha-  
nem visszafejlődik, és csupán csökevényei ma-  
radnak fenn a kezdetleges Verlag színvonalán.  
A koncentrált manufaktúrák majd csak a XVI–  
XVII. században keletkeznek. A születő kapita-  
lizmus e korszaka a textiliparban nem polarizál-  
ta az osztályrétegződést. A kereskedő- és a textil-  
céhek valamilyen formában kiegyeztek, sokszor  
az előkelőbb céhek (pl. nyírók, festők) vagy  
egyes mesterek (pl. Fuggerek) maguk is nagyke-  
reskedőkké váltak. Az érdekellentét lappangott,  
akár az az osztályrétegződés, amely a céhen belül  
mester és segéd között kezdettől fogva fennál-  
lott.

Az eleinte haladó szellemű céhek a XIV. szá-



zadtól fogva szűk szakmai érdekszövetséggé válnak: korlátozzák a mesterek, az alkalmazható segédek és inasok, a szövőszékek számát, meghosszabbítják az inaséveket, felemelik a céhfelvételi költségeket. És ami ennél jellegzetesebb: minden új gyártási technika bevezetésének ellenzőivé válnak. Így már a XIII. század végén a fonókerék, a XIV. század elején a cérnázógép bevezetését tiltják el, Flandriában a XVI. századig sikerül megakadályozniok a kallómalom használatba vételét.

A posztóipari termelés manufakturális formája falura húzódik, a retrográd fejlődés következtében mind a termelékenység, mind a minőség romlik. Egy átmeneti fellobbanás tanúi voltunk, a következetes fejlődés megindulása évszázadokig várat magára.

## II.

Amikor Oroszlánszívű Richárd keresztes hadjáratát készítette elő, 50 000 patkót rendelt a birminghami erdők kovácsműhelyeiben. Egy yorki városi leltár 1327-ben csak szegből tizenkétfélét tartott nyilván, együttesen 43 000 darabot, nagyrészt építkezés céljára. A mezőgazdaság, a hadászat, a fa- és kőmegmunkálás megnövekedett vasszükséglete új termelési módot követelt meg,

és ennek szolgálatába állították a vízierőt. Mint láttuk, mind az érc törése, mind a kohósítás során a fújtatók hajtása, mind pedig a kovácsolás gépesítése a vízimalom megfelelő átalakításával legkésőbb a XII. században megtörtént.

Ellentétben a textiliparral, melyben csak egy-egy művelet (kendertörés vagy kallózás) kívánkozott vízfolyás mellé, és a piaci, valamint munkaerőellátási szempontok a városi telepítés mellett szóltak – a vasipar számára, melegüzem lévén, a tüzelő, ill. vasérc termelésének közelében, jobbára városoktól távoli telephely választása volt indokolt.

Ez viszont kiválóan egyezett az új szerzetesrendek, elsősorban a ciszterciták céljával, amelyek erdőirtással hódítottak meg szűz földeket.

Az első templárius és karthauzi rend által alapított kovácsüzemről szóló adat közel egyidős, és mégis a ciszterciták nevéhez fűződik az 1150 óta egészen a XVII. századig – ekkor már szerény keretek között – a vaskohászat e fejlettebb üzemi formájának elterjesztése. Százával nyitják Európa-szerte az új vasbányákat, 1330 előtt egyedül Közép-Franciaországban már 8–13 „vasgyáruk”-ról van adatunk.

Ezek a kovácsműhelyek, *forge*-ok – közülük fennmaradtak a fontenayi és royaumont-i apátság XII. századi épületei –, templomhajóhoz hasonló, hatalmas üzemcsarnokok, a nagyüzemi

gyártás első otthonai. A malomárok vize az épület mellett vagy alatt folyt, és hajtotta a különböző gépeket. Ilyen őrlő-, törő-, kalapálószerkezetek egész sorát hajtja a víz abban az épületben is, amelyről Szt. Bernát, a ciszterciták híres apátjának életrajzában olvastunk.

A fűtatók révén 1500 °C fölé emelt hőmérséklet a faszénnel kevert ércből készült vas öntését, kovácsolását egyaránt lehetővé tette. Az igazi magaskohó csak 1380-tól igazolható ugyan, de a víz hajtotta fűtatók használata a XIV. század eleje óta elterjedt. A legnehezebb kalapács súlya 500-ról 1600 kg-ra nőtt, a 300 kg-ossal a vízikerek révén 60–120 ütest lehetett a megmunkálандó darabra mérni.

Noha a termelékenység példátlanul megnőtt, tekintélyes számú munkaerőt kellett foglalkoztatniok a kolostoroknak a kovácsműhelyekben is. A szerzetesek kezdetben maguk irtották az erdőt, építették meg kolostorukat minden tartozékával, és maguk művelték meg a földet, és dolgoztak a műhelyekben. Ez azonban nehezen volt összeegyeztethető imádkozással, misézéssel, könyvmásolással és más intellektuális kötelezettségükkel, és ezért nagyszabású munkaerőtoborzáshoz folyamodtak.

A laikus testvérek (conversi) intézménye a XI. század során Német- és Olaszországban tűnik fel, Clunyben 1100 körül, és a ciszterciták fejleszt-

tik ki ambiciózus gazdasági elképzeléseik megvalósítására. A túlnépesedett területek parasztságának felszabadítási törekvéseit felhasználva fiatal, munkabíró férfiakat vettek fel a rendbe, akik az állandó imádkozás és zsolozsmázás kötelezettségei alól mentesültek, hogy teljesen a gazdasági munkának élhessenek. „Attól is eltiltották őket, hogy megtanuljanak írni-olvasni – mondja róluk Makkai –, ezzel szemben szigorú fegyelem alatt, még a beszélgetést sem engedve meg nekik, dolgozniuk kellett a kolostorok földjein és műhelyeiben. A paraszti nyomor helyett cserébe szerény létbiztonságot kaptak, és ehhez a társadalmi emelkedés fikcióját.”

A laikus testvérek száma olykor két-háromszor akkora volt, mint a szerzeteseké. A dunesi apátságban pl. 1150-ben még csak 36-an voltak, 1198-ban már 1200 *conversi*-t foglalkoztattak. Figyelembe véve a XII. századi kolostorok ezren felül tehető számát, tízezrekre menő, a korai kapitalista gyár rideg fegyelmeire emlékeztető munkarendben dolgozó, kizsákmányolt, munkaeszközeitől teljesen megfosztott munkáshadsereg képe rajzolódik ki.

A XIII. század végétől a *conversi* tömegek kezdenek elszökni, a cisztercita rend hanyatlásnak indul, és bár a bányászatban-kohászatban továbbra is jelentős szerepet visz, a munkaerőhiány miatt a termelés alábbhagy, a *forge*-okat

sok helyütt lisztelő vagy egyéb malmokká alakítják át. A fekete halál után is maradtak, sőt mindmáig vannak laikus barátok, de amint a *forge*-ok nem váltak gyárakká, azonképpen ezek a szerencsétlen emberck sem tekinthetők az ipari proletariátus archetípusának.

A gazdasági-társadalmi fejlődés tehát ebben az ágazatban is zsákutcába torkollott.

### III.

És mégis. A két kulcsiparág negatív példája mellett vannak jelenségek, amelyek – ha elszigeteltek is – messze túlmutatnak a középkori technikai színvonal és feudális társadalom által meghatározott premisszákon. Idétlenül hatnak benne, mint felnőtt a gyermekek közt az általános iskola padjában, vagy a legutóbb felfedezett Leonardo-vázlatkódexben a belehamisított bicikli rajza.

Ilyen monstrum a Luccában a XIII. század második feiében feltalált, megvalósított, és évtizedeken belül a környező olasz selyemtermelő városokban (minden titoktartási rendszabály ellenére) elterjedt selyemcérnázó malom.

A Franciaországban, Kölnben, Bruges-ben is használt több orsós, kézzel hajtott cérnázókból származtatható gépet víz hajtotta. Az első sokszerszamos munkagép egyesítette a malom erő-

átviteli rendszerének, valamint a kerekés órának az elvét, magas színvonalú szinkronikusan működő gépezete sok szempontból tekinthető prototípusnak. Mivel a laza selyemszálak sodratadását és felcsévéelését szárnyas orsó végzi, a 200 évvel későbbi rokkát anticipálja; mivel egy központi motolláról hajt meg több száz orsót és kis motollát, Arkwright watergépének előképe: tudjuk is róla, hogy a derbyi filatóriumot megtekintette, mielőtt munkához látott.

Az üvegcsészékben forgó orsócsapok, a cserélhető ólomnehezékekkel ellátott huzalszárnyak, a technikátörténet első excentere, a sok ezer szabványos méretű alkatrészből álló gép műszaki bonyolultsági foka meghaladja a XVIII. századi ipari forradalom első fonodai gépeiét a szelfaktorig. Kiszolgálására néhány tanulatlan lány elegendő volt; 10–20 orsót, sőt durvább fonalak esetében 25–50 orsót lehetett egyikükre bízni, és mivel a cérnázás sebessége a kézzel végzett dupláját elérte, a termelékenység nagyságrendekkel megugrott. A gép drága volt, de a selyem is, amelyet feldolgoztak rajta, és ami a legfontosabb, tökéletesen egyenletes sodratot lehetett elérni általa. A középkori olasz selyemszövetek felsőbbrendűsége a mintázat ízlésessége mellett elsősorban a filatóriumnak volt köszönhető; jellemző, hogy a titoktól elzárt Velence a XVII.

század végéig Bolognából és Luccából importálta fonalait.

Nem kétséges: a technikai forradalom a gép esetében túllépte a kor által determinált termelési viszonyokat, és egy XIX. századi gyárba illő nővő gépet produkált. Ilyeneket utóbb Leonardo da Vinci tucatjával alkotott, de ötletei papíron maradtak. A cérnázómalom – ha számára kedvező klímájú szűk területen is tovább élt, megérte a nagy ipari forradalmat, sőt egyes példányai e század elejét.

Minek köszönhető, hogy a beauvais-i katedrális főhajója 48 m belső magasságot ért el, tehát egy mai építész 14 szintes házat építhetne benne? Vagy hogy a strasbourg-i székesegyház tornya 142 m magasra tör (a beauvais-i 153 m volt, mielőtt összedőlt), tehát 40 emeletes felhőkarcolóval vetekszik? Ugyanannak, aminek ezek a modern épületek köszönhetik statikai szilárdságukat: a vázszerkezetes építkezésnek. A bordanyalábos pillérekből kiinduló karcsú bordaszerkezet, a hálós mennyezet a díszes zárókövel, a karcsú támpilléreken nyugvó támívek nem első sorban egy esztétikai törekvés kifejezői, ahogy sajnos manapság tanítjuk, hanem egy statikai elvet alkalmaznak következetesen. Az épület súlyelosztását erővonalakra bontja a középkor építésze, ezeket a köváz bordázata testesíti meg, és ez hordja az anyagbírás végső határáig magas-

ba emelt tetőszerkezet, ill. mennyezet terhét, míg a falaknak semmilyen tartószerrep nem jut, s így az ablakok merete szinte tetszés szerint megnövelhető. A vázszerkezetes építkezésnek köszönhető végső soron a gótikus kupola megteremtése is, ahogyan azt a firenzei dómon a 91 m magas, 43 m fesztávolságú szögletes alaprajzra hengerfelületek egymáshoz illő szakaszaiból szerkesztett kupola esetében belső állványozás nélkül Brunelleschi megvalósította. „Kettős héjazattal, összekapcsoló fémrudakkal és a héjazatok közé rejtett kitámasztó konzolokkal oldotta meg a mester. . . az építészettörténet talán legnehezebb feladatát” – írja Pogány Frigyes.

Az a leonardói *aperçu*, amely a szép és célszerű tudat alatti azonosulásából indul ki, sehol sem testesült meg oly meggyőzően, mint a gótikus építészetben. Azonban plauzibilis, hogy a technikai tényező, mint mindig, elsődleges, az esztétikum pedig hozzá idomul.

A vas alkalmazását jóval Brunelleschi előtt a párizsi Sainte-Chapelle és a londoni Westminster-apátság Chapter House építkezésének láncok falkötőként való felhasználásával a XIII. század közepén megkísérelték. Ezzel zseniálisan előre látták a betonvas húzóerő szerepét, de a próbálkozás nem sikerült. Mégis jelentőségteljesnek érezzük ezt, mert a gótikus vázszerkezetes építkezés szerves folytatását a XIX. századi acélszer-



kezetű épületekben látjuk, és ennek társadalmi-gazdasági vonatkozása is van.

Társadalmi szükségletet képezett-e a francia székesegyházak vagy az olasz signoria-tornyok gigantikus méretezése? Nyilvánvalóan nem, pusztá presztízspítkezésnek tekinthetők, az egymással rivalizáló városok hiúságának termékei. Olykor, pl. Beauvais, Bologna vagy Firenze esetében ez dokumentálisan is bizonyítható. Utóbbi város tanácsának jegyzőkönyvi határozata így indokolja a dóm tervezésénél követendő nagystílusútsget: „Mivel egy előklő eredetű nép vele született értelméhez tartozik úgy járni el dolgaiban, hogy látható alkotásaiban is felismerjék viselkedésének nemcsak bölcsességét, hanem nagylelkűségét is, elrendeltük Arnolfónak, kommunánk építészmasterének, hogy a Santa Maria Reparata újjáépítésének terveit és rajzait a legmagasabb és a legfényesebb nagyszerűséggel csinálja meg olyanra, amelynél nagyobb és szebbet emberi szorgalom és képesség sem kitalálni, sem véghezvinni soha nem fog tudni.”

A gazdasági fellendülés többletét a beauvais-i katedrális vagy az yperni vásárcsarnok esetében a posztókereskedésből koncentrált vagyont nem tudván már tőkésíteni (hiszen drága gépek, gyárépületek nem léteznek), a kommuna hatalmát és gazdagságát fitogtató létesítménybe fogtak. Amikor a bőség szaruja elapadt, a konjunktúra

elromlott, az építkezések is szüneteltek, sőt a XIV. század végén sok helyütt végleg abbamaradtak. Ott állottak a hatalmas befejezetlen alkotások Kölnben, Milánóban, Beauvais-ban, Prágában, pénz híján torony, apszis vagy éppen homlokzat nélkül évszázadokig.

#### IV.

A két eklatáns példa mellett több olyan műszaki és tudományos irányzatot jelölhetnénk meg, amely a kedvező gazdasági légkör hatására a XII-XIV. század között csírában vagy kibontakozófélben volt, s amelynek fejlődése a súlyos válságsorozat hatására megdermedt. Ilyen az óragyártásé, mely azután Huygensig és Breguet-ig elvileg nem fejlődött, a szabályozástechnika elemei – ezek a harangjáték és talán a malom üzemeltetésénél rekedtek meg, a természettudomány felismerései, ahogyan Buridan és Oresme fizikai világképében testet öltöttek, a kereskedelmi technika a váltótól a kettős könyvelésig ugyancsak megállt a XVIII. századig, a kőszén hasznosítása – mind messze túlmutatnak koruk elemi szükségletein, olykor inkább az emberi elme erőmutatványainak tűnnek, mintsem a társadalmi viszonyok tükröződéseinek. Azonban mi okozta a fejlődés váratlan és hirtelen megszaka-

dását, azt a dermedtséget, amely sokban egy csipkerózsika-vár állapotára emlékeztet?

Kezdődött talán a környezet – maihoz persze nem hasonlítható – károsodásával. Elég tán az erdők rohamos pusztulására utalni. Nemcsak a mezőgazdasági terület növekedését diktálta a növekvő lakosság, hanem az építkezés és, amit kevésbé méltányolnak, a kohászat szükségletei is közrejátszottak. Egy tonna vas előállításához négy tonna érc kohósítására, ehhez pedig 100 m<sup>3</sup> fára volt szükség. Úgy becsülték, hogy 40 nap alatt egyetlen faszénégető telep 1 km körzetben irtotta ki az erdőt. A windsori kastély építkezéséhez valóságos kis erdőt, 3944 tölgyet vágtak ki. Egy erdő pusztulásáról azt írja 1323-ban egy angol kolostor apátja, hogy a 180 év során épült szél- és vízimalmok, valamint lakóházak okozták eltűnését. A Birmingham helyén volt erdő 1282-ben az ott működő 60 kovácsüzem fűtőanyagaként semmisült meg. 1230 óta Anglia építő-, majd tüzelőfa importot folytat Norvégiából, illetve rátér a kőszén használatára. Ugyanakkor Észak-Franciaországban oly drága már a fa, hogy a szegényeket kölcsönkoporsóban ravatalozzák fel. Olaszországban ekkor hallunk az első kötelező faültetési rendeletről.

Az egyre nagyobb agglomerációk ellátását a kor műszaki színvonalán megoldani ugyancsak nem volt lehetséges. Párizs mintegy 200 000 lako-

sa egy esztendőben (1293) 188 500 birkát, 30 100 marhát, 19 600 borjút és 30 700 disznót fogyasztott. A hulladékot a Szajnába dobták, oda folyt a cserzővargák, festők, bőrgyártók szennyvize, nem szólva a csatornákról. Egy angol forrás a bőr- és söripar tevékenységével magyarázza a halak pusztulását. Mivel azonban a csatornahálózat sehol sem volt általános, a hulladék és szenny zöme az utcaárkokban folydogált, és ahogyan az angol parlament 1388. évi első légszennyeződés elleni határozata kimondja, „a levegő annyira romlott és mérgezett, hogy számtalan és elviselhetetlen ragály és kór dühöng naponta”.

De közrejátszott egy sor más, kisebb tényező, mint a testi higiénia romlása (pl. a fürdők számának csökkentése, az ott eluralkodó prostitúció miatt, az erkölcs védelmében), és a legfontosabb, a legyengült emberi szervezet ellenállóképességének hiánya. Az átlagos hőmérséklet csökkenésével hideg, esős nyarak következtek az utolsó évszázadok kedvező klímája után, és beköszöntöttek az első rossz termések, éhínségek. Az első ilyen egymást követő katasztrófális évsorozat, 1315–17, Skóciától Olaszországig sújtotta Európát. Az iparosított Flandriában, mivel teljesen gabonaimportra szorult, különösen súlyos volt a helyzet. Ypermben 1316. május és szeptember

között hetenként 190 ember halt éhen. Írországban állítólag emberevés is előfordult.

A többször ismétlődő éhínségek után brutális erővel jelentkezett több hullámban 1319 óta a pestis, majd betetőzésül a nagy pestisjárvány, a fekete halál (1348–50). A lakosság száma drasztikusan visszaesik, a halottak száma 20–50% között ingadozik régiók és becslések szerint. Firenzében 50, Sienában és Modenában 60–70%-kal csökken a lakosság, Németországban 23%-kal, Angliában 20%-kal kevesebb a falvak száma a következő században, mint 1300-ban volt. Ugyanakkor akadnak a katasztrófa által kevésbé érintett területek, mint Spanyolország vagy Magyarország.

Egészében véve páratlanul súlyos demográfiai jelenséggel állunk szemben. A ma általánosan elfogadott (Bennett-féle) becslés szerint Európa lakossága így alakult a krízis idejében:

1300	73 millió
1350	51 millió
1400	45 millió

Csupán 1550-ben érte el ismét Európa azt a trendet, amely a XIV. században megszakadt, ekkor érte el lakosainak száma a 78 milliót.

Ehhez járulnak az éhínségekből kényszerűen következő devalvációs és a pénzgazdaság elméle-

tében járatlan uralkodók által provokált inflációs tendenciák. A pestis utáni munkaerőhiány a feudális kötelékek további lazulását, ennek ellentétéleként súlyos represszáliákat vont maga után. A gazdasági válság kiélezi a lappangó társadalmi ellentéteket, és kitörnek az első nagy parasztfelkelések, mint az eleve bukásra ítélt francia Jacquerie (1378) és az angol Wat Tyler-féle lázadás (1381), valamint a firenzei ipari munkások már ismertetett egyidejű Ciompi-felkelése.

Az alap megrázkódtatásaival együtt járt a felépítmény, különösen a szellemi élet páratlan méretű elnyomása, kezdve az intellektuális kezdeményezések üldözésétől – már Roger Bacon is harminc évet töltött börtönben – a boszorkányégetésig, amely ugyancsak a kor szomorú találománya. A reakció e korszaka lényegében a XVII. század elejéig tart: emlékezzünk Galileire és kortársára, Keplerre, aki boszorkányság vádja alatt álló anyjáért írogatott kegyelmi kérvényeket.

## V.

A földrajzi táj domborzati viszonyai, a talaj konzisztenciája meghatározzák a forrásból fakadó ér útját. Ezért nem is jut el mindegyik az óceánig; sivatagi dűnékben vész el az egyik, nagy tó fogadja be a másikat, és amelyik végül bele is ömlik

a tengerbe, kanyargó, kalandos utat tesz meg addig. A felületes, a hegy- és vízrajz tekintetében tájékozatlan szemlélő számára ez az útvonal a szeszélyes véletlen műve, holott ez az egyetlen lehetséges út.

A társadalmi és politikai történelem tájegységébe ágyazott technikatörténeti folyamat – bármennyire elsődleges és kezdeményező is a szerepe – sem egyenes vonalú, sem gyorsuló fejlődést nem diktálhat. Éppen mert mozgékonyabb, alkalmazkodni kényszerül a tehetetlenebb társadalmi-gazdasági tényezőhöz, és velük kölcsönhatásban alakul a fejlődés hol gyorsabb, hol lassabb üteme, azok a regionális vargabetűk, átmeneti stagnációs korszakok, amelyeknek értelmezése a történész feladata.

Amikor számba vettük a középkori technikai forradalom eredményeit, meg kellett állapítanunk, hogy a depresszió időpontjában az elért fejlettségi fokok vonatkozásában rendkívül heterogén képet mutatnak.

Az új energiaforrások keresése megrekedt a köszén kezdetleges ipari felhasználásánál, az új primitív pedálos gépezetek feltalálásának sora éppen csak megindult, néhány folyamatos működésű és egyetlen sokszerszámú munkagép mellett túltengenek a szakaszosan dolgozó, csak izomenergia pótlását szolgáló törő-, zúzómalmok. Ugyanakkor olyan kifinomult szerkezete-

kig jutott el a vizsgálódó elme, mint az óra gátló-szerkezete és bonyolult fogaskerékrendszere vagy a gótikus bordaváz szerkezete.

Egyes területeken tehát az ókori technikai ismeretek végső konzekvenciáinak levonására korlátozódtak a fejlemények, vagyis a rabszolgatársadalom színvonalát alig haladják meg. Másutt a feudális viszonyok hű tükörképét mutatják. Végül kivételesen magukon hordják a polgári társadalmi feltételek bélyegét.

Mindez csak úgy magyarázható, hogy a technikai fejlődés, példátlan felgyorsulása folyamán, a társadalmi-gazdasági fejlődést először utolérte, (X–XI. század), majd rövid ideig tartó összhang (XII–XIII. század) után túlhaladta azt, ami válsággal járó súlyos diszkrepanciához vezetett (XIV. század).

Az, hogy egyetlen területen, a selyemgyártásban, néhány igen fejlett, gazdag városban az első folyamatos működésű, sokszerszamos textiltgép létrejött, nem illett a kor átlagos képébe. Az ilyen gép a modern nagyipari gyárüzem alapvető feltétele, de általános gyakorlatba vételéhez egy sor társadalmi és gazdasági premissza hiányzott.

Mindenekelőtt hiányzott a mezőgazdasági produktivásban végbemenő, a kora középkori agrárforradalomhoz képest is ugrásszerű további javulás, nagyszámú szabad munkaerő, a tömeggyártás megindítását profitábilisnak ígérő



nagy piac, annak elérését és a nyersanyag pótlását szolgáló, jól működő közlekedés, a szükséges beruházásokat vállalni képes, kellő koncentrált-ságú tőke, egységes és kiterjedt, jól szervezett államrendszerek, melyek a szabad verseny korlátianságát és a szellemi tulajdon (szabadalmak) oltalmát szavatolni képesek.

Vagyis elengedhetetlen lett volna egy olyan társadalmi-gazdasági szituáció az ismert műszaki elvek adta lehetőségek kihasználásához, amely a XVIII. századi Angliára jellemző volt, és amelyet a XIV. századi Nyugat-Európa viszont teljességgel nélkülözött. 1400–1750 között a fejlődés tétovázva ismét megindul, de műszaki téren szerénynek mondható a termés. Mindenesetre olyan fontos találmányokat köszönhetünk e századoknak, mint a könyvnyomtatás, a kötőgép, az ingaóra és a szén kokszosítása.

Ha azonban egy gondolat kísérletet végzünk, és a XIV–XVII. századokat ugyanennyi évtizedre zsugorítva a XVIII. századhoz csatlakoztatjuk, egy egységes ipari forradalom kerek és logikus történeti szekvenciája bontakozik ki. A csonka középkori és látszólag előzmény nélküli újkori találmánysorozat – az Óvilág és Amerika atlanti partvonalaihoz hasonlóan – szinte hézag nélkül illeszkedik.

Egyes megkésett fejlemények a középkorban indokolatlanul megszakadt sort fejezik be. A fo-

nókerékből, illetve rokkából most lesz nagy késséssel Jenny (1764); ennek ásatag voltát mi sem bizonyítja jobban, mint hogy soha gyárba nem került, paraszti bedolgozók vállaltak rajta otthonukban munkát. Csak Crompton alkotja meg belőle a vízzel, gőzgéppel is hajtható *mule*-t. Ugyanígy a centrifugális regulátor (mely a középkori szélmalom stabil mozgását biztosító szerkezetből szinte önállóan adódik, és talán létezett is) most kap szabadalmat, és röviddel később a gőzgépen tűnik fel. A középkori meleg levegővel táplált papírsárkány éled fel ismét Montgolfier nyomán.

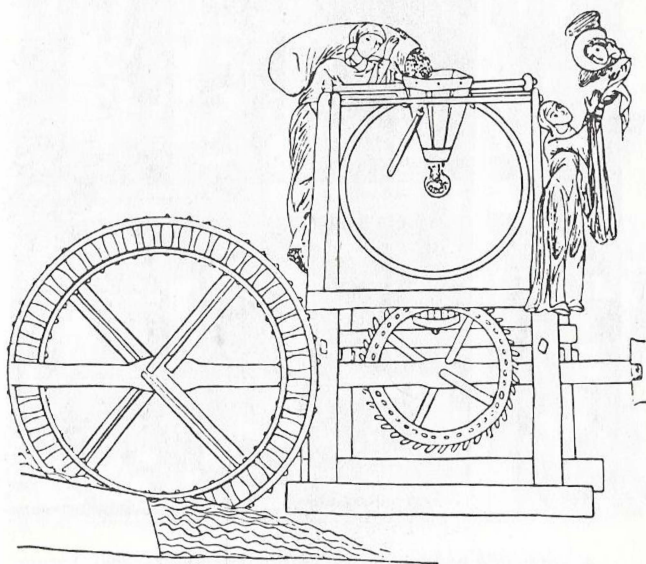
Ugyanakkor a középkor legfejlettebb technológiáinak tökéletesítése és leváltása váratott magára. A vízi- és szélmalomokat a közhiedelemmel ellentétben csak a XIX. század közepén helyettesíti a gőzgép, a selyemcérnázó és származékai (watergép) ugyancsak 1850 után szorulnak fokozatosan háttérbe a gyűrűsfonó és cérnázógépek tökéletesedése nyomán.

Szimbolikus jelenségnek tartjuk, hogy éppen a XIX. század közepén, az ipari forradalom okozta új bőség hatására, az acélvázás építészet megindulása előtt ébredt újra a gótikus stílus iránti rokonszenv és sikerült befejezni a Kölnben, Milánóban és Prágában magasodó fél évezredes torzókat. Ma már csak a beauvais-i katedrális hajója áll csonkán, intő figyelmeztetésül a

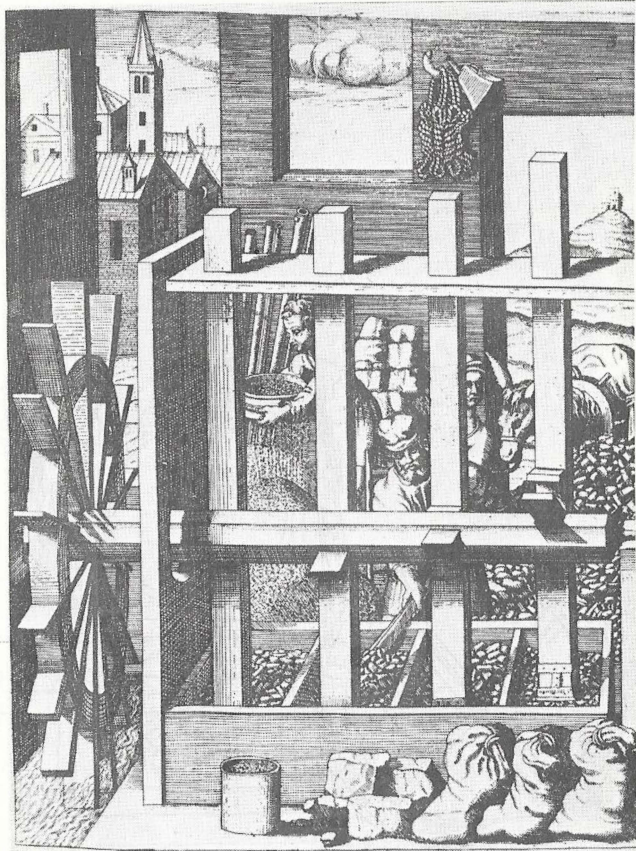
termelési viszonyok és termelőerők kötelező összhangjára.

Így válik érthetővé és értelmezhetővé a fragmentárisan ható középkori technikai forradalom ténye. Nem tudjuk másnak tekinteni, mint a XVIII. századi forradalom elhamarkodott, koráértett előjátékának. Hatása mégis számottevő volt. Ez a *genesis praecox* magyarázatot adhat egy sor súlyos társadalmi ellentmondásra a középkorban éppúgy, mint később a műszaki fejlődés elmaradásának jelenségeire.

Visszatérve eredeti hasonlatunkhoz: a folyó olykor mély medencébe jut, és tavat képez. A vízfolyás gyakorlatilag nyugvópontra jut, amíg a medence fel nem töltődik, és a víz erózív hatása – súlya révén – utat nem tör magának a tenger felé. A Rajna Bodensee feletti és alatti szakaszát nem tekintjük két folyónak.

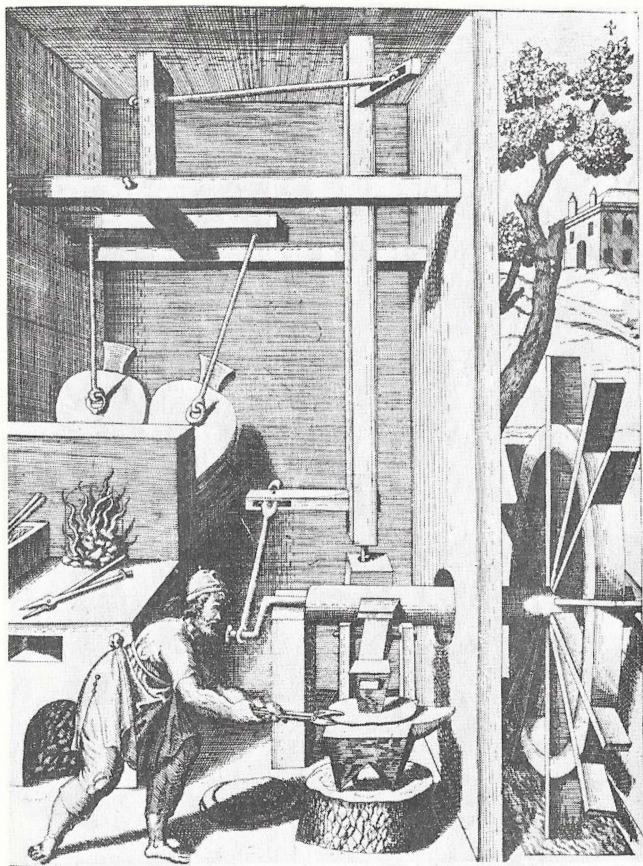


Herrad von Landsberg apátnő 1159 körül szerkesztette 636 miniatúrát tartalmazó könyvét, mely az 1870/71. évi háborús pusztításnak esett áldozatul. A kisszámú kimásolt körvonalrajz egyike ez a lelkiismeretes megfigyelésről tanúskodó ábrázolás, a vitruviusi alulcsapó malom hű képét adja



A vízimalom bütykös tengelyéről hajtott munkagépek három jellegzetes típusa egy késői metszetsorozatról (Frankfurt, 1617)

a) Négykölyűs ércetörőmalom

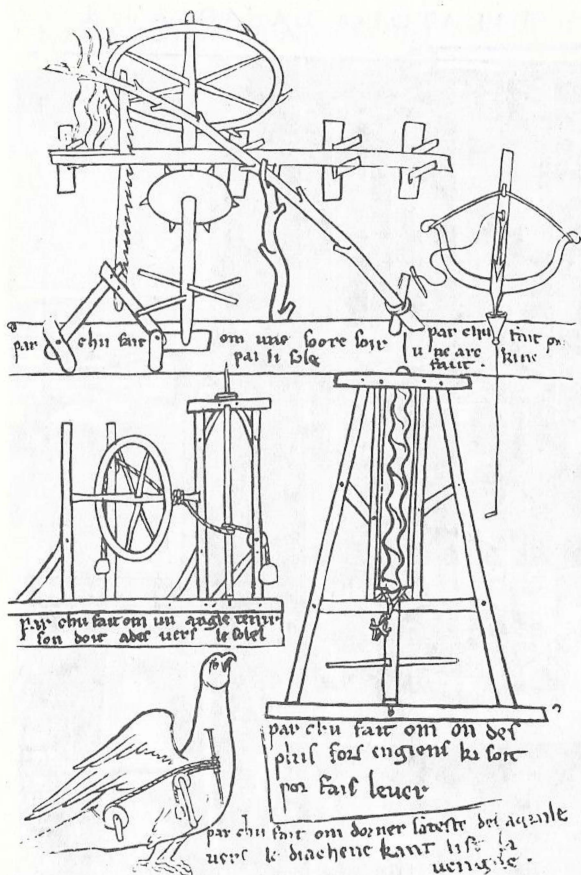


b) Kovácműhely fűjtatókkal és farkkalapáccsal





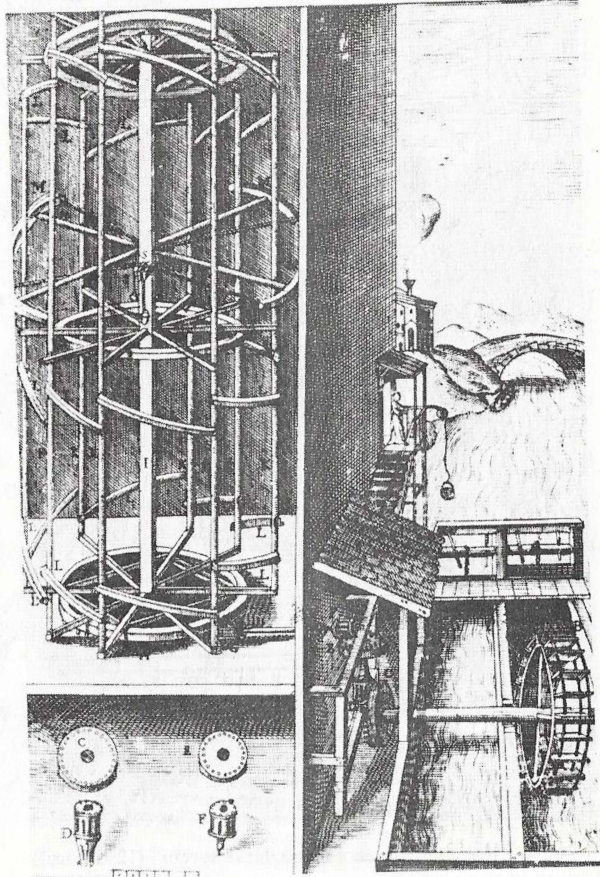
c) Kalapácsos kalló



Egy oldal Villard de Honnecourt vázlatkönyvéből (1235 körül). Többek közt a vízikerek forgó mozgásának váltakozó irányú, egyenes mozgássá való átalakításának egy korai példáját szemlélteti. A tengelyen átfűrt két kar forgás közben nyomást gyakorol a fűrészlapot tartó csuklós szerkezetre; a fűrész felső vége rugózó vesszőhöz van rögzítve, s így a lap fel s alá mozog, mialatt a tengelyre szerelt fogaskerek forgása révén a munkadarab előrehaladva nekifeszül a szerszám élének

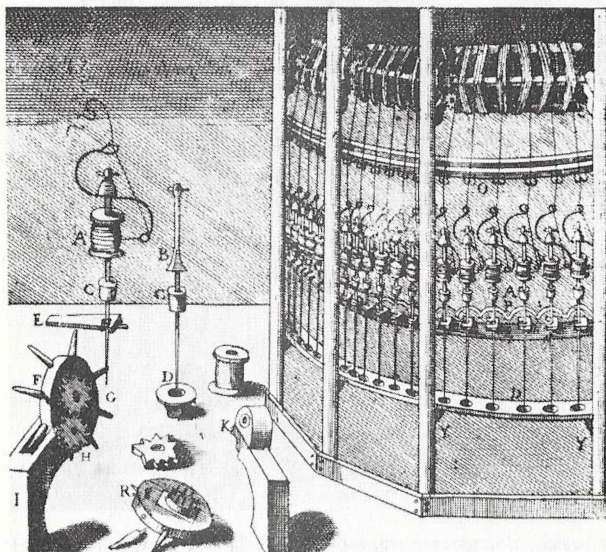
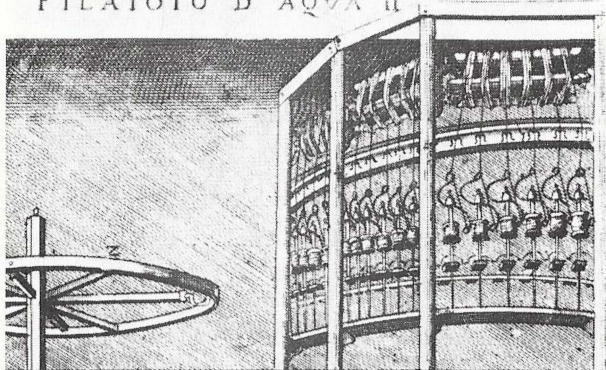


# FILATOIO DA AQVA. .I.

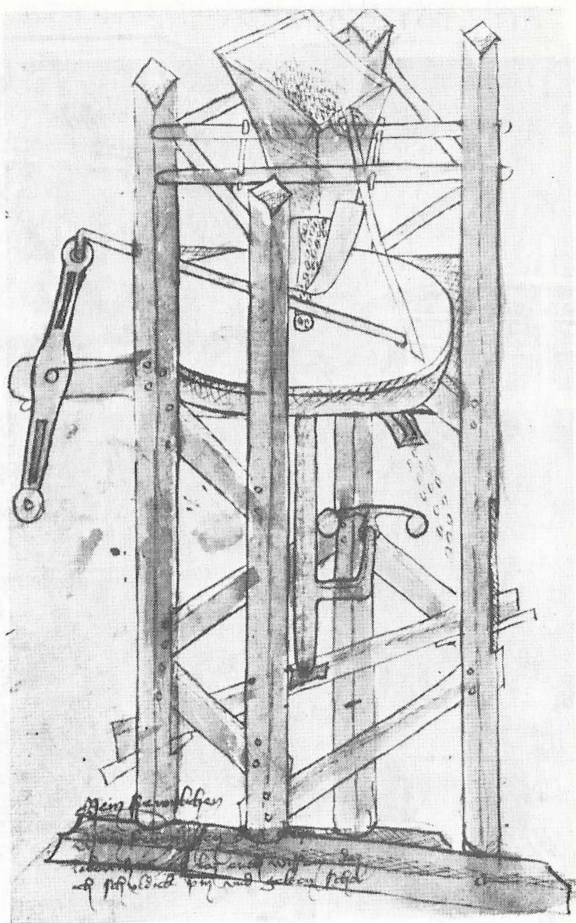


a) A XIII. században Luccában épített víz hajtotta selyemcérnázó malom első műszaki szándékú ábrázolása (Padova, 1607). Az első metszet a hatalmas gépezet víz hajtotta transzmissziós rendszerét,

# FILATOIO D' AQUA II

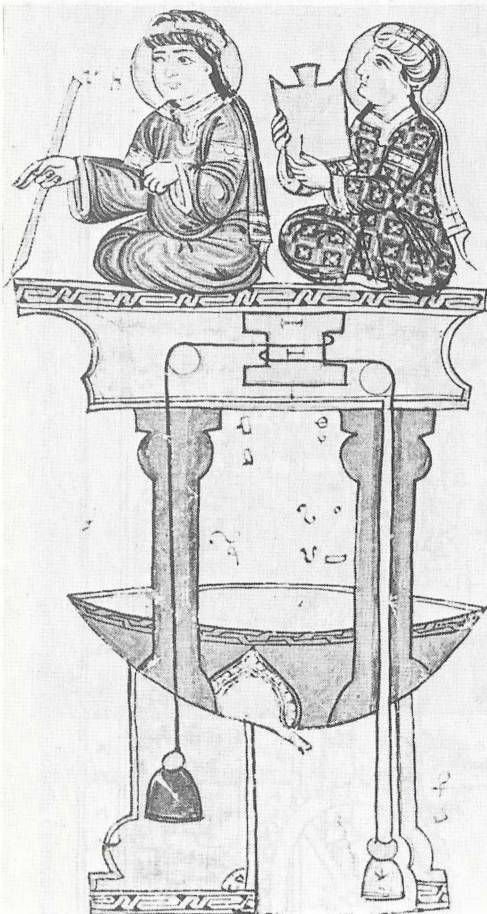


b) a második metszet a több emeleten elhelyezkedő orsósorokat érzékelteti. A XIV. századi okiratok tanúsága szerint a középkori filatórium alig különbözhetett a képen láthatótól



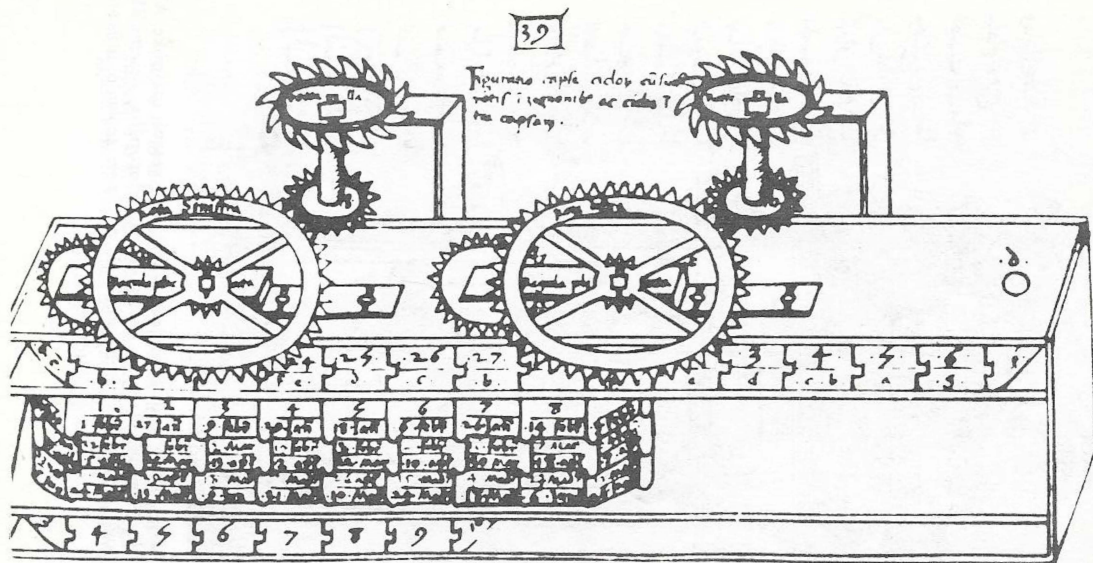
Szélmalom belső szerkezetének vázlata (XV. század eleje). Fel-  
tűnnek a szabályozórendszer kezdetleges elemei, a gabonaada-  
golást vezérlő rázókilincs és talán már a fordulatszám-ingado-  
zást kiegyenlítő regulátor





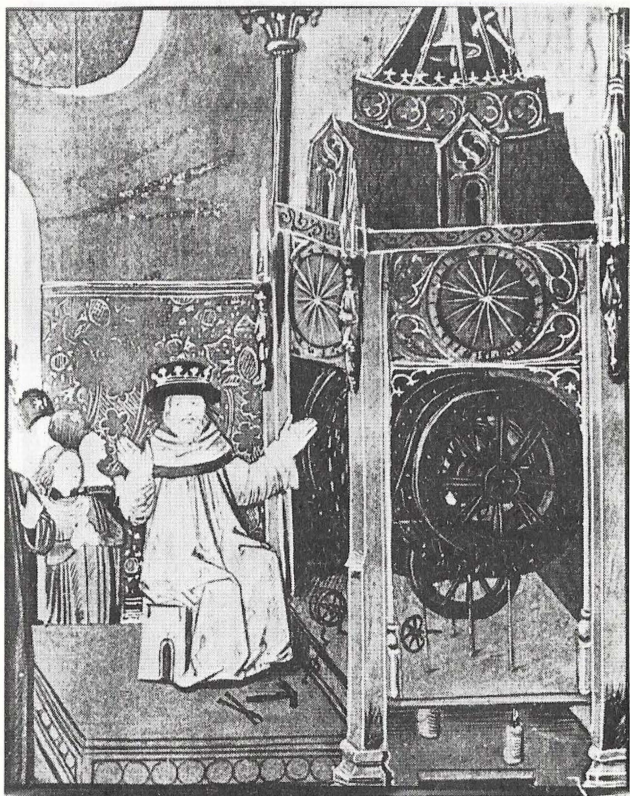
ولا يزال كذلك  
 مادام الدم يقع في  
 الطشت الى مائة  
 وعشرين درهما  
 وان شاء اقل فاقبل  
 ثم يراق الدم من  
 للعبة وتغسل في  
 والطشت معا وتبقى  
 ميا الوقت الحاجة  
 اليه وعند تمام ما  
 ذكرته تجرد ما  
 بحجره وينقش  
 الكاتبان ويدون  
 بالدهن الجميع وذلك  
 ما اردت ايضا جه  
 جليا واصف ما  
 صنعتته وهو طشت  
 للفتة وصورة ما  
 في الصفحة الاخرى  
**النتيجه**  
**السابع**

Az alexandriai iskola arab folytatóinak legtehetségesebb mérnöke Al Gazari volt. Főművéből, mely korán eljutott Európába, származik az érvágásnál elfolyó vér mennyiségének mérésére szolgáló műszer leírása



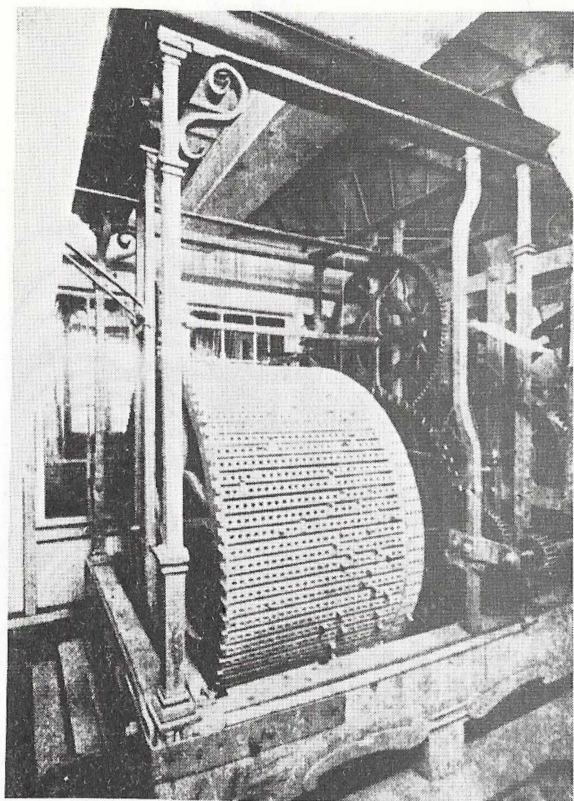
A Dondi-féle időmérő gépnek egyik részletrajza (1348) – a naptár mozgó ünnepeket mutató szerkezete





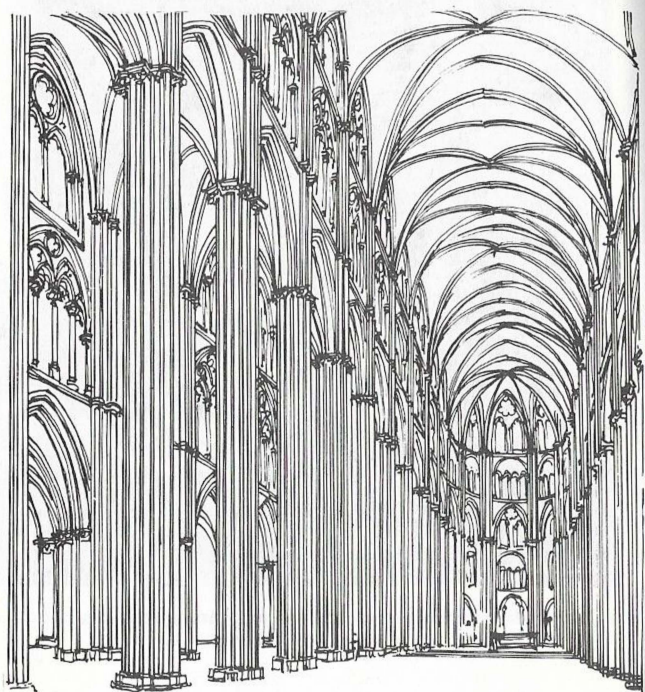
Óramű készítése XV. századi miniatúrán. A szerkezetet gravitációs erő hajtja, kalapácsos harangütés jelzi az időt



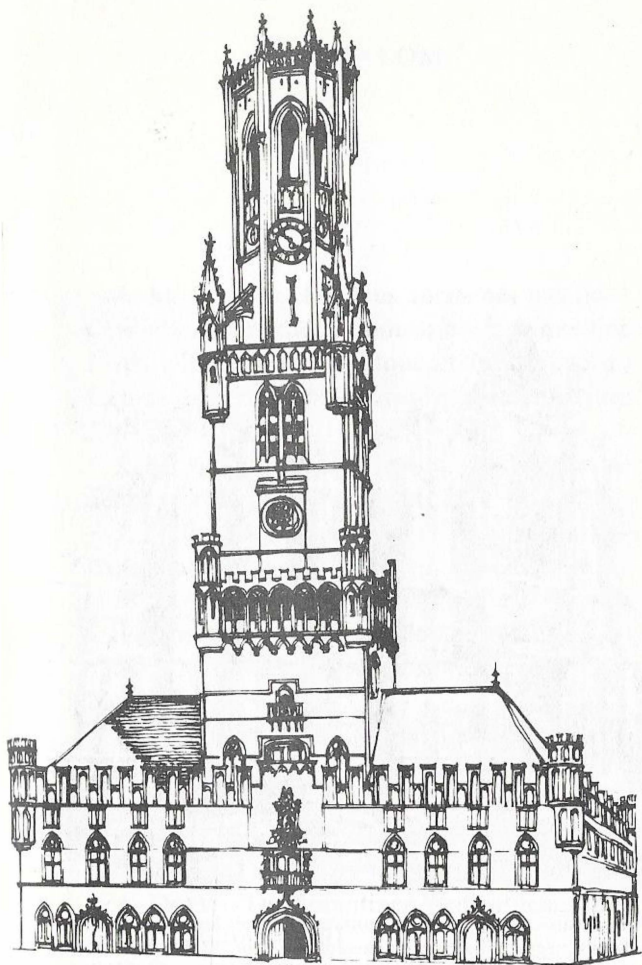


Egy középkori programozható harangjáték  
bütykös dobja (Düren)

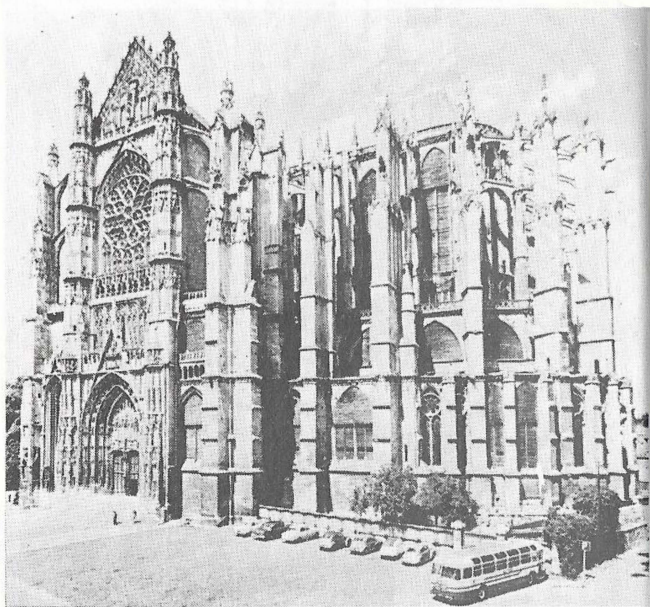




A bourges-i katedrális főhajója (XIII. század eleje) érzékelteti a vázszerkezetes építkezés funkcionálisát. A mennyezet súlyát a hálós váz továbbítja a nyálábos pilléreknek és oszlopoknak, az ablakok teljesen felbontják a terhet nem hordozó külső falakat, miáltal bőséges fény önti el a belső teret



A sienai Signoria és az yperni posztócsarnok mellett Bruges város-  
házának tornya (1377) is a feltörekvő polgárság tipikus presztízs-  
építménye; 92 m magas tornyának nem volt más szerepe, mint a város  
gazdagságát hirdetni



A beauvais-i katedrálisban a gótikus építészet legmagasabb belső tere valósult meg; a főhajó belmagassága 48,20 m. 1250 körül kezdték építeni, 1284-ben a tetőívek beomlottak, 1332 után anyagi eszközök híján az építkezés lelassult, majd abbamaradt, s amikor a város a XVI. században pénzhez jutott, a hajó befejezése helyett 153 m magas tornyot emeltettek. Amidőn ez is összedőlt (1573), a templom befejezését végérvényesen feladták

A. M. BAUTIER: Les plus anciennes mentions de moulin hydrauliques industriels et de moulins à vent. Bulletin Philologique et Historique du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques 1967.

T. BECK: Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues. Berlin 1899.

J. D. BERNAL: Tudomány és történelem. Budapest 1963.

M. BLOCH: Avènement et conquête du moulin à eau (Annales N° 36 nov. 1935. t. VII.)

M. BLOCH: Les „inventions” médiévales (Annales N° 36 nov. 1935. t. VII.)

F. BRAUDEL: Civilisation matérielle et capitalisme I. Paris 1967.

A. M. CARUS-WILSON: An Industrial Revolution of the Thirteenth Century (Economic History Review 11. 1941.)

A. DOREN: Die florentiner Wollentuchindustrie I–II. Stuttgart 1901.

G. DUBY: L'économie rurale et la vie des campagnes dans l'Occident médiéval. Paris 1962.

ENDREI W.: Középkori munkamódszerek kialakulásának történetéhez. Századok 91 (1957) 1–4.

ENDREI W.: Az antik technika értékelésének revíziójáról. Történeti Szemle 1960/1.

ENDREI W.: Der Trittwebstuhl im frühmittelalterlichen Europa. Acta Historica VIII. (1961) 1–2.

ENDREI W.: Az automata gépek programvezérlésének eredete. Történelmi Szemle 1961.

ENDREI W.: A műszaki eszme csírája. Technikatörténeti Szemle (1964) 1–2.

ENDREI W.: L'évolution des techniques du filage et du tissage. Paris–La Haye 1968.

ENDREI–STROMER: Textiltechnische und hydraulische Erfindungen und ihre Innovatoren in Mitteleuropa im 14–15. Jahrhundert. Technikgeschichte 41 (1974) 2.

F. M. FELDHAUS: Die Maschine im Leben der Völker. Basel 1954.

R. J. FORBES: Studies in Ancient Technology II. Leiden 1965.

B. GILLE: Le moulin à fer et le haute fourneau. Métaux et Civilisations I. (1946) IV.

B. GILLE: Le moulin à eau. Une révolution technique médiévale. Techniques et civilisations III. (1954)

J. GIMPEL: Les Bâtisseurs de cathédrales. Paris 1958.

J. GIMPEL: La révolution industrielle du Moyen Age. Paris 1975.

H. HORWITZ: Die Drehbewegung in ihrer Bedeutung für die Entwicklung der materiellen Kultur. *Anthropos* XXVIII–XXIX. 1933–34.

HOWTHORNE–SMITH: On Divers Arts: The Treatise of Theophilus. Chicago 1963.

J. KULISCHER: Allgemeine Wirtschaftsgeschichte des Mittelalters und der Neuzeit I. München 1928.

R. LEFEBVRE DE NOËTTES: L'Attelage et le cheval de selle à travers les âges. Paris 1931.

J. LE GOFF: A mentalitástörténet problémái. Világosság 1976/11.

E. LE ROY LEDURIE: Histoire du climat depuis l'an mil. Paris 1967.

MAKKAI L.: A középkori technika előzményei és történelmi jelentősége. Doktori értekezés 1969.

MAKKAI L.: Östliches Erbe und westliche Leihe in der Ungarischen Landwirtschaft. *Agrártörténeti Szemle* XVI (1974) suppl. 45 l.

MAKKAI L.: A közszerszámtól a gépig. *Minerva Nagy Képes Enciklopédia*. Budapest 1974.

L. MUMFORD: *Technics and Civilisation*. London 1934.

J. NEEDHAM: *Science and Civilisation in China*. Cambridge 1965.

H. PIRENNE: *Histoire économique de l'Occident médiéval*. Bruges 1951.

H. PIRENNE: Mahomet et Charlemagne. Paris 1937.

POGÁNY F.: Firenze. Budapest 1971.

PONGRÁCZ P.: Régi malomépítészet. Budapest 1967.

SINGER-HOLMEYARD-HALL: A History of Technology II. Oxford 1956.

B. H. SLICHER VAN BATH: Yield Rations 810-1820 A. A. G. Bijdragen 10. 1963.

A. TENENTI: Florence à l'époque des Médicis: de la cité à l'état. Paris 1968.

L. THORNDIKE: A History of Magic and Experimental Science I. London 1923, ill. VII. New York 1958.

L. THORNDIKE: Invention of the Mechanical Clock about 1271. A. D. Speculum XVI (1941)

R. VAN UYTVEN: The Fulling Mill. Acta Historiae Neerlandica V./1971.

L. WHITE: What Accelerated Technological Progress in the Western Middle Ages? Scientific Change. Symposium on the History of Science. University of Oxford 1961.

L. WHITE: Medieval Technology and Social Change. Oxford 1962.

L. WHITE: The Medieval Roots of Modern Technology and Science. Perspectives in Medieval History. Houston 1963.

L. WHITE: Medieval Borrowings from Further Asia. Medieval and Renaissance Studies 1971. 5.

*Napi munkám : műszaki fejlesztési feladatok ellátása. E tevékenység különösen fontos kiegészítését találtam meg a történelem tanulmányozásában. Hitem szerint technikai múltunk kutatásának létjogosultsága végső fokon abban rejlik, extrapolálható-e eredményeiből a jövő. Több mint száz publikációm nagyobb része technikatörténeti vonatkozású, így a francia nyelven megjelent A fonás és szövés technikájának fejlődése (1968), vagy a Magyarországi textilmanufaktúrák (1969) és a Régi vegyjelek (1974) c. munkáim. A többi írás részint aktuális technológiai problémákkal foglalkozik (Pamutszövetek hibái, 1953), részint művelődéstörténeti vonatkozású (Számvetés és Magyar Arithmetica, 1963). Maradék időmet antik és középkori szövetek, régi kéziratok gyűjtése, valamint kilencéves lányom emésztí fel.*

*Endrei Walter*



# TARTALOM

Bevezetés	5
Az előzmények	10
A műszaki forradalom	24
Ipari forradalom a középkorban?	60
Irodalom	105

Felelős kiadó a Magvető Könyvkiadó igazgatója  
Felelős szerkesztő Zachár Zsófia · Műszaki vezető  
Sebestyén Lajos · Tipográfus Tóth Éva · A fedelelet  
Fajó János tervezte · Kiadványszám 2770 · Meg-  
jelent 4,8 (A5) ív terjedelemben, 1978-ban New  
Times betűtípusból · MA 3153

A szedés a Fényszedő Üzem munkája  
77-1473 Dabasi Nyomda, Budapest-Dabas  
Felelős vezető: Földes György igazgató

ISBN 963 270 641 2